

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Отделение автоматизации и робототехники

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматического устройства для приготовления блюд с высокой степенью вязкости

УДК 681.52/.53-047.84:641.55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В	К.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Е.В	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е.И	К.Т.Н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов .С. В	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов) Профессиональные и общепрофессиональные компетенции
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
	Универсальные (общекультурные) компетенции
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Отделение автоматизации и робототехники

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай

Тема работы:

Разработка складского комплекса для учета и хранения электронных компонентов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p>	<p>Объект исследования: Разработка автоматического устройства для приготовления блюд с высокой степенью вязкости</p> <p>Цель исследования – создание функционального прототипа устройства на базе мультиварки, который заменит несколько специализированных приборов для автоматического приготовления и перемешивания как очень густой так и жидкой пищи с возможностью</p>
----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	удаленного управления. Требования к устройству представлены в техническом задании.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Анализ предметной области. 2) Анализ устройств, выполняющие аналогичные задачи. 3) Выбор комплектующих для устройств. 4) Создание эскиза и 3D модели устройства. 5) Создание принципиальной схемы. 6) Реализация прототипа устройства. 7) Реализация графический пользовательский интерфейс для тестирования прототипа. 8) Тестирование и отладка устройства.
Перечень графического материала	Презентация в электронном формате *.pptx
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Меньшикова Екатерина Валентиновна
«Социальная ответственность»	Винокурова Галина Федоровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
-------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и
 производств
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники
 Период выполнения Весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
------------------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Курганов В.В	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Е.И	К.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет – 192 483.78руб. Затраты на заработную плату – 101 550.24руб. Материальные затраты НИИ– 28 274.00 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды 27,1% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ.
2. Формирование календарного плана и бюджета инженерного проекта (ИП)	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 4.1 Интегральный показатель эффективности – 4.1 Сравнительная эффективность проекта – 1.57

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Материальные затраты
5. Инвестиционный план. Бюджет ИП
6. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2019
------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай		

«ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Разработка автоматичного устройства для изготовления блюд с высокой степенью вязкости	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объектом исследовательской работы является автоматичное устройство для изготовления блюд с высокой степенью вязкости.</p> <p>Рабочей зоной является зона, включающая рабочий стол, пульт дистанционного управления который является ЭВМ.</p> <p>Областью применения разрабатываемой системой является предприятия общепита, и домашней кухни.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Высокоскоростные движущиеся детали – повышенный уровень шума на рабочем месте; – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – наличие электромагнитных полей радиочастотного диапазона; – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение атмосферы объектом исследования не выявлено; – загрязнение гидросферы объектом исследования не выявлено; – выявление загрязнения литосферы объектом исследования: утилизация электромеханических комплектующих и печатных плат.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Мутсванга Дэн Тарисай		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 страниц, 26 рисунков, 24 таблиц и 33 источника.

Ключевые слова: вязкость, автоматичный, туго-вязкое блюдо, ESP32, программирование, разработка.

Целью данной работы является создание функционального прототипа устройства на базе мультиварки, который заменит несколько специализированных приборов для автоматичного приготовления и перемешивания как очень густой так и жидкой пищи с возможностью удаленного управления.

Объектом исследования является разработкой автоматичное устройство предназначенное для приготовления блюд с высокой степенью вязкости.

Результатом исследования является рабочий прототип устройства.

Значимость работы заключается в создании устройства которое автоматизирует и тем самым будет облегчит процесс приготовления туго-вязкие блюда и тем самым поскольку на рынке не существует доступного по цене устройства, которое может совмещать приготовление туго-вязкой пищи с автоматическим добавлением ингредиентов и их перемешиванием.

В будущем планируется дальнейшее развитие устройства: перехода от автоматичного в автоматическое устройства, доработка и дополнение алгоритмов приготовления и функционалов устройства.

Содержание

Введение.....	15
1. Описание объектов и методов их исследования.....	16
1.1. Туго-вязкие блюда, методы и особенности их приготовления.....	16
1.2. Понятие о вязкости и способах ее измерения.....	21
1.2.1. Коэффициент вязкости	21
1.2.2. Методы измерения вязкости.....	26
1.2.2.1. Капиллярный метод	26
1.2.2.2. Ротационный метод	27
2. Обобщенная структура устройства и описание объектов реализации проекта	29
2.1. Эскиз устройства и обобщенная структура системы	30
2.2. Описание и выбор основных объектов реализации проекта	32
2.2.1. Микроконтроллер ESP32	32
2.2.2. Емкость приготовления (мультиварка)	35
2.2.3. Устройство дозатора (диспенсера).....	38
2.2.4. Двигатель устройства перемешивания (миксера)	40
2.2.5. Метод определения вязкости среды	41
2.2.6. Венчик для перемешивания	44
2.2.7. Итоговые выбранные комплектующие.....	45
3. Реализация проекта	47
3.1. Разработка механической, электронной структуры.	47
3.1.1. Разработка механической структуры.....	47
3.1.2. Разработка электронной схемы устройства	49
3.2. Разработка программного обеспечения.....	50

3.2.1. Программное обеспечение микроконтроллера.....	50
3.2.2. Пользовательское приложение.....	54
4. Результаты работы	56
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	59
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования...	59
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	62
5.1.3. SWOT-анализ.....	66
5.2. Планирование научно-исследовательских работ	68
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	68
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	69
5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	74
5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	74
5.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы	75
5.3.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	78
5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	78
5.3.5. Накладные расходы	79
5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	79
5.3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	80

6. Социальная ответственность	83
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства	85
6.1.2. Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя.	86
6.2. Производственная безопасность	87
6.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов..	87
6.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	89
6.2.2.1. Высокоскоростные движущиеся детали	89
6.2.2.2. Отклонение показателей микроклимата.....	90
6.2.3. Превышение уровня шума	92
6.2.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	93
6.2.3.2. Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона	94
6.2.3.3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	95
6.3. Экологическая безопасность	96
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	97
Заключение по разделу 6.....	99
Заключение	100
Conclusion	101
Список использованных источников	102

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматичное устройство: устройство содержащее элементы автоматизма, непроизвольный, действующий как автомат.

туго-вязкое блюдо: блюдо, употребляемые в пищу во многих странах мира, представляющие собой туго-сваренную кашу из кукурузной муки или из ка사вы.

вязкость: свойство твёрдых и текучих веществ сопротивляться перемещению одной их части или слоя относительно другой из-за внутреннего трения в рассматриваемой веществ [5].

степень (коэффициент) вязкость: единица связанная с способностью среды выдерживать поперечную силу. Веществам с высоким коэффициентом вязкости требуется большая поперечная сила для сдвигания жидкостей, чем веществам с меньшим коэффициентом вязкости. Измеряется в Па • с

язык «C++»: Компилируемый объектно-ориентированный язык программирования высокого уровня общего назначения, версия выпущенного в 2011 (C++11)

графический пользовательский интерфейс: разновидность пользовательского интерфейса, в котором элементы интерфейса (меню, кнопки, значки, списки и т. п.), представленные пользователю на дисплее, исполнены в виде графических изображений.

дозатор: устройство для автоматического отмеривания (дозирования) и выдачи заданного количества, массы или объёма вещества (твёрдых сыпучих материалов, паст, жидкостей, газов) в виде порций или постоянного расхода с установленной погрешностью; общее определение приборов, систем,

оборудования, выполняющих однозначную функцию. Вариант названия дозатора — диспенсер.

миксер: прибор для смешивания пищевых продуктов до создания однородной массы.

операционная система реального времени: тип операционной системы, основное назначение которой — предоставление необходимого и достаточного набора функций для работы систем реального времени на конкретном аппаратном оборудовании, реагирующая на внешние события в определенный промежуток времени.

FreeRTOS - это многозадачная, мульти-платформенная, бесплатная операционная система жесткого реального времени с открытым исходным кодом.

Введение

Методы приготовления многих блюд совершенствовались на протяжении многих веков и часто сегодня, сами не осознавая этого, мы используем рецепты и приемы приготовления различных блюд, которые были известны очень давно [1].

От географического положения страны во многом зависят применение способов приготовления различных блюд, разнообразие кухонной посуды [1]. Способы приготовления пищи во многом зависят от культуры и традиций тех или иных народов. В наше время, каждый человек пытается облегчить себе работу, в том числе и на кухне, применяя различную кухонную технику – миксеры, блендеры, мультиварки, хлебопеки и многое другое. Но все-таки некоторые блюда не возможно приготовить используя современную существующую технику и до сих пор приходится что-то делать вручную.

В странах южной и центральной Африки, включая Зимбабве, Южной Африканской Республики, Гана, Намибия, Замбия, присутствует основное блюдо которое представляет собой тугую сваренную кашу из белого маиса (кукурузной муки), которую даже в век современных технологий, приходится замешивать вручную, так как нет еще такой доступной техники, с возможностью перемешивать и изготовить такие густые блюд в автоматическом или полуавтоматическом режиме в домашних условиях [2].

Именно это послужило идеей для данной выпускной квалификационной работы – разработка устройство, для автоматичного приготовления различных блюд с высокой степенью вязкости, с функцией автоматического нагревания и перемешивания блюда при готовке, регулированием времени, температуры и густоты приготовляемого блюда.

1. Описание объектов и методов их исследования

1.1. Туго-вязкие блюда, методы и особенности их приготовления

Главная мотивация этой ВКР – это автоматизирование процесса приготовления туго-вязкие блюда, которые люди часто готовят в ручную и едят в Африканских стран. Процесс приготовления этих блюд достаточно простой, но трудоемкий поскольку он занимает немалое количество времени и требуется немалые усилия при перемешивания. На рисунке показано две Африканских женщин, которые помогают друг другу готовить «садза» для большой семьи в Зимбабве.



Рисунок 1 – Женщины готовят «садза» в Зимбабве

Туго-вязкие блюда – это блюда, употребляемые в пищу во многих странах мира, представляющие собой туго-сваренную кашу из кукурузной муки или из ка사вы. В разных странах это блюдо называется по-разному:

- садза (Зимбабве);
- мамалыга (Молдавия, Украина);
- гоми (Грузия);

- пап (ЮАР);
- банку (Гана);
- угали (Кения);
- нфунди (Конго) .

Такой вид туго-сваренной каши является основным гарниром к мясным и овощным блюдам. Данное блюдо употребляется с древних времен и является очень сытным. В странах южной Африки это блюдо употребляют ежедневно больше 80% населения. Данный вид туго-сваренной каши отличается отменным вкусом, но и так же бесценным химическим составом: каша отличается большим количеством растительного белка, витаминами В1, В2, РР, Е, А, калием, кальцием, ненасыщенными жирными кислотами, что помогает организму регулировать уровень холестерина [3]. Это блюдо так же является низкоаллергенным продуктом и рекомендуется употреблять в пищу людям, страдающим заболеваниями крови, сахарным диабетом, аллергией, патологией желудочно-кишечного тракта [3].

Метод приготовления передается из поколения в поколение и ничем не отличается в настоящее время, кроме применения металлической посуды для готовки. Но тем не менее в каждой стране его готовят по-разному и прикладывают немалые усилия для его приготовления.

Садза (рис. 3) – изготавливается в Зимбабве из белой тонкоизмельченной сухой кукурузы [3] и воды. Процесс приготовления «садза» простой. В кастрюлю наливается вода и она доводится до кипения. В эту горячую воду, постепенно вводится муку помешивая деревянной лопаткой (рис. 2) называется «муготи». Примерное весовое отношение воды к муке - три к одному. В итоге получается масса похоже на жидкую кашу, и ее оставляю чтобы копилась пятнадцать минут. Далее постепенно добавляют еще муки – половину порции уже добавленной муки- и перемешивают. Каша в этот момент уже становится достаточно тугой – похоже на тугое тесто. Ее

перемешивают деревянной лопаткой до однородной консистенции. Садза дают «отдохнуть» и затем подают с соусом и мясом. Время приготовления пять килограммов «садза» - 45 минут.



Рисунок 2 – «Муготи» - деревянные лопаты для приготовления «садза»



Рисунок 3 – «Садза» с овощами блюдо кухни Зимбабве

Мамалыга в Молдавии, Румынии, Западной Украине так же готовится вручную из воды, соли и кукурузной муки в чугушке с помощью специальной палки-мешалки. Время приготовления – 45 до 60 минут в зависимости от объема. При приготовлении для употребления вместо хлеба, мамалыга

делается более густой, и, как и итальянская полента, может быть разрезана на куски. При приготовлении для других целей мамалыга бывает более жидкой. Мамалыга подаётся к столу со сметаной и брынзой.

Гоми – это туго-сваренная каша Грузинской кухни из кукурузной крупы и муки. Варится в чугунном котелке и постоянно помешивается деревянной лопаткой. Время приготовления 70 минут. Подается обычно с сыром сулугуни. Кушают как вилкой так и руками.

Пап - Блюдо Южной Африки (ЮАР). Так же готовят из кукурузной муки или из проса. Муку так же заваривают в горячей воде, постоянно помешивая. Время приготовления 40 минут. Пап обычно подают с молоком, маслом и сахаром. Воспринимается исключительно как завтрак. Пап, как и «садза», мамалыга и другие так же готовиться вручную[3].

Автоматические устройства которые доступны по цене и предназначены, для приготовления выше описанных блюд в бытовых условиях, почти отсутствуют. Допустим, несмотря на развитие технологии в производственных и бытовых сферах, в Зимбабве было всего лишь одна успешная попытка автоматизировать процесс изготовления туго-вязких блюд. В 1998 году, гражданин Уильям Гвата создал и получил патент на устройство под названием «Gwatamatic» (рис. 4), предназначенный для изготовления туго-вязких блюд.



Рисунок 4 - Устройство «Gwatamatic»

Устройство «Gwatamatic» (рис. 4) состоит из 5 основных компонентов: устройства дозатора для добавления муки (1); устройства замешивания (миксер) который в свою очередь состоит из промышленного трехфазного двигателя переменного тока с редуктором (1) и венчиком для замешивания (4); блок управления в который входит ПЛК и емкость для приготовления с объёмом 500 или 200 литров [2].

Однако, обе версии устройства «Gwatamatic» не предназначены для приготовления в домашних условиях поскольку они большие по размеру и требуют производственное трехфазное электричество. «Gwatamatic» стоит 25000 долларов США – цена, которая явно недоступная для многих предприятий и обычных людей.

1.2. Понятие о вязкости и способах ее измерения

Вязкость – это свойство твёрдых и текучих веществ сопротивляться перемещению одной их части или слоя относительно другой из-за внутреннего трения в рассматриваемой веществ [5].

Механизм внутреннего трения в текучих веществах заключается в том, что между молекулами веществ постоянно существуют относительно слабые межмолекулярные силы взаимодействия, которые притягивают молекулы друг к другу. Эти межмолекулярные взаимодействия имеют электростатическую природу. Молекулы в каждом веществе двигаются хаотически, и вследствие существующих межмолекулярных сил взаимодействия переносят импульс из одного слоя в другой, что приводит к выравниванию скоростей [5].

Вязкость еды является важной физической характеристикой еды, поскольку она непосредственно влияет на способ ее приготовления. Вязкую еду и пищевые вещества как тесто и «садза» весьма сложно готовить в ручную.

1.2.1. Коэффициент вязкости

Вязкость, или коэффициент вязкости величина определяющая величину «текучести» среды. Текучесть – это величина обратная вязкости и определяется как свойство веществ уступать действию сдвигающих сил, при постепенном увеличении силы перпендикулярно действующей на единицу площади поверхности того же вещества. Чтобы определить величину вязкости, рассматриваем поток Куэтта (рис. 5).

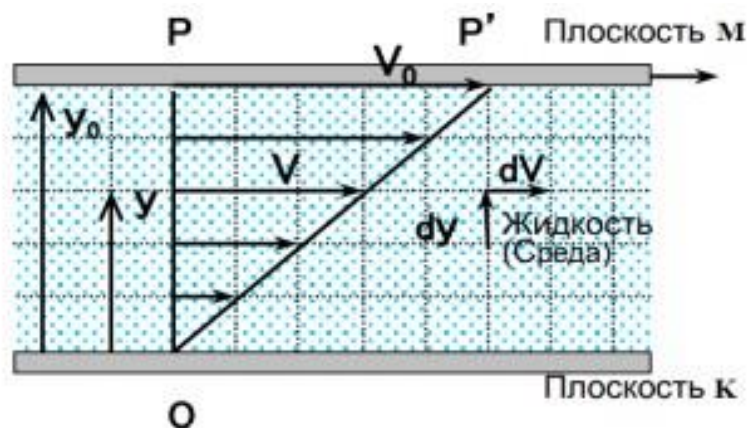


Рисунок 5 - Поток Куэтта в ньютоновской среде

На рисунке 5 имеется две параллельных плоскости К и М в среде (жидкости). Расстояние между плоскостями М и К равно y_0 . Если зафиксировать К и перемещать М параллельно плоскости К с константной скоростью v_0 , а жидкость между М и К движется в том же направлении и создают равномерный поток, это называется потоком Куэтта [8].

V – это скорость на расстоянии y от плоскости К, и соотношение между V и y показано в формуле 1. Назовем D угловым коэффициентом прямой который соединяет точки P' и O . Поэтому:

$$D = \frac{V}{y} \quad (1)$$

Эта величина равна градиенту скорости, то есть приращению скорости на единицу расстояния.

$$D = \frac{dV}{dy} \quad (2)$$

Где D – скорость сдвига.

Слои жидкости, находящиеся на расстоянии $y + dy$ и y перемещаются со соответствующими скоростями $V + dV$ и V . Так как между слоями и молекулами существует межмолекулярная сила взаимодействия, вследствие относительного движения появляется сила трения между слоями.

Тангенциальным напряжением называется сила трения которая проходят на единицу площади поверхности К и М, параллельно передвижению потока между плоскостями К и М.

$$\tau = D * \eta \quad (3)$$

Где τ - тангенциальное напряжение и η - коэффициент вязкости.

Соответственно:

$$\eta = \frac{\tau}{D} \quad (3.1)$$

Ньютоновскими средами называют среды, подчиняющиеся этому закону, коэффициент вязкости которых при поставленной температуре не изменяется, невзирая на скорость сдвига D и касательное напряжение. В противном случае, среды называются неньютоновской когда коэффициент вязкости меняется, при изменении касательного напряжения и скорости сдвига D [8]. На рисунке 6 продемонстрированы графики зависимости касательного напряжения τ относительно скорости сдвига D для ньютоновских и не ньютоновских сред.

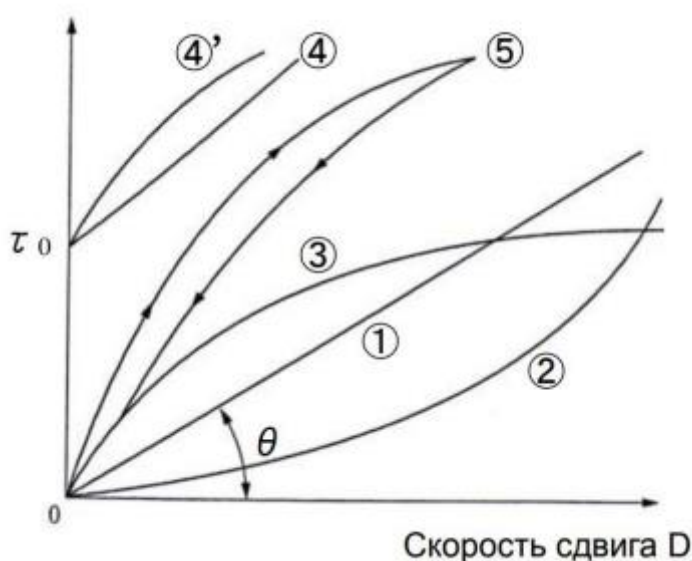


Рисунок 6 - Графики зависимости касательного напряжения относительно скорости сдвига D

Прямая 1 показывает график зависимости τ относительно D для ньютоновских сред, поскольку значения пропорциональны. Поэтому, вязкость в этом случае равна:

$$\eta = \tan \theta \quad (4)$$

где θ - угол наклона прямой 1.

Кривые 2, 3, 4 и 5 описывают неньютоновские среды, поскольку вязкость (угол наклона на графике) меняется от величины скорости сдвига.

Кривая 2 представляет среду называемую дилатантной средой у которой вязкость увеличивается при увеличении величины скорости сдвига.

Кривая 3 случай псевдо-пластической среды, вязкость которой уменьшается при увеличении скорости сдвига.

Прямая 4 и кривая 4 представляет вязкопластичная среды которая не имеет текучести, пока величина скорости сдвига не станет равной или больше величине касательного напряжения τ_0 (предел текучести) в критической точке после повышения этого значения с нуля.

Кривая 5 соответствует тиксотропной среде в которой при уменьшении и увеличении скорости сдвига преобладает гистерезис. Другими словами, вязкость тиксотропных сред увеличивается в состоянии покоя и уменьшается от механического воздействия. Но мгновенный отклик среды на которую приложены воздействия зависит от ее текущего состояния, а поведение системы на интервале времени во многом определяется ее предыдущим состоянием. В таблице 1 показаны примеры каждого типа среды.

Таблица 1 – Примеры ньютоновских и неньютоновских сред и их примеры.

Тип среды	Типичные примеры
Ньютоновская	Вода, раствор сахара, раствор соли, алкоголь, растворитель, силиконовое масло
Дилантная	Раствор крахмала, влажный песок, суспензия, глиняный шликер, краска, шоколад
Псевдо-пластичная	Коллоидные растворы, полимерные растворы, эмульсии, лаки, краски, майонез, соусы, соки, сгущенное молоко, теста.
Вязкопластичная	Маргарин, томатный кетчуп, яичный белок(пена), зубная паста, крем (косметический), различные гидросмеси (мутные жидкости с твердыми включениями).
Невязкопластичная	Чернила, краски, майонез, очищенная мука пищевого сладкого картофеля, асфальт, кровь.
Тиксотропия	Паяльная паста, жир, какао, кетчуп.

Следует отметить, что в свою очередь туго-вязкие блюда как «садза» и «пап» относятся к группе неньютоновских веществ, поскольку их вязкости меняются, при изменении касательного напряжения и скорости сдвига.

Единицами измерения вязкости являются:

$$[\text{Па}][\text{с}^{-1}] = [\text{Па} \cdot \text{с}].$$

Определим кинематическую вязкость как:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (5)$$

Где ρ - плотность среды.

Единица измерения ν – $[m^2]/[c]$.

При количественной оценке вязкости нужно измерение коэффициента вязкости прибором называющимся вискозиметром.

1.2.2. Методы измерения вязкости

Существуют много методов измерения вязкости такие как ротационный метод, вибрационный метод, капиллярный метод по закону Пуазейля, метод с падающим шариком по закону Стокса, метод манжетного типа и другие [8]. В данной работе, особое вынимание выделяется капиллярным методам и ротационным методам измерения вязкости.

1.2.2.1. Капиллярный метод

Устройства капиллярного вискозиметра измеряет вязкость жидкости, протекающей через относительно узкий капилляр, путем измерения разницы величины давлений на концах капилляра.

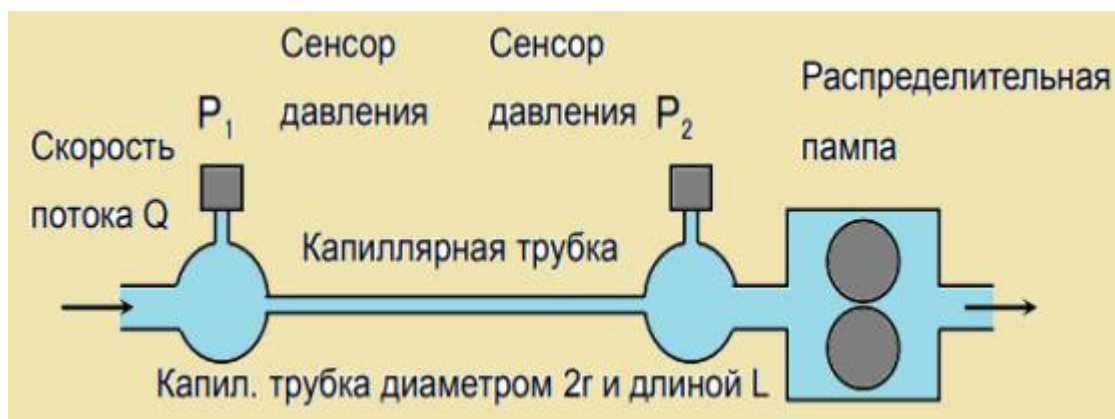


Рисунок 7 - Принцип работы капиллярного вискозиметра

Когда ламинарный поток жидкости проходит через цилиндрическую трубку, показанную на рисунке 7, скорость потока жидкости Q , прямо пропорциональна градиенту давления $\Delta P/L$, где P_1 и P_2 – давление на концах капиллярной трубки, и соответственно дифференциал давления $P_1 - P_2 = \Delta P$, и

L – длина цилиндрической капиллярной трубки. Этот феномен называется законом Пуазейля [8], и выражается уравнением 6.

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 \eta L} \quad (6)$$

Из уравнения 6, вязкость равна:

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 Q} \quad (7)$$

Поэтому, при помощи капиллярного вискозиметра, который работает по схеме, показанной на Рисунок 77, вязкость η может быть получена путем измерения дифференциала давлений ΔP и скорости потока Q среды через капиллярную трубку. Данный метод называется абсолютным методом измерения вязкости так как он (метод) позволяет получить значение вязкости согласно ее (вязкости) определению [8].

1.2.2.2. Ротационный метод

Данный вискозиметр измеряет вязкость методом измерения момент вращения цилиндрических роторов, погруженных в измеряемую вязкость среду (рис. 8).

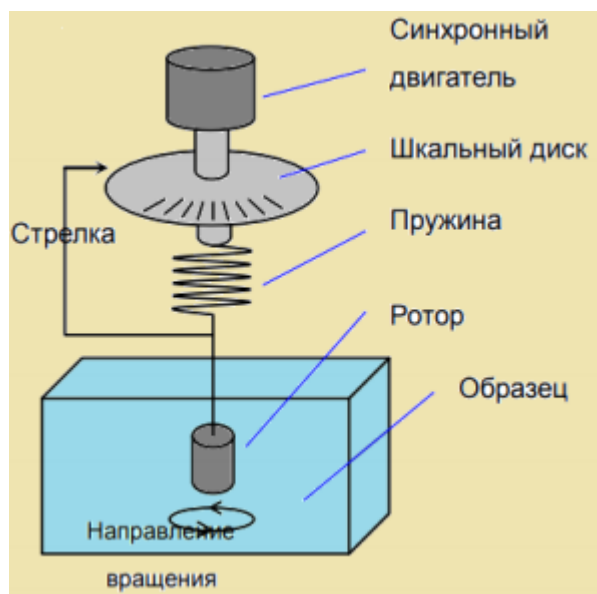


Рисунок 8 – Ротационный вискозиметр

На рисунке 8, в среду опустили цилиндрический ротор, который вращается с постоянной скоростью при помощи двигателя. Вязкость среды прямо пропорциональна вращающему моменту, и именно это свойство вязкости используется в ротационных вискозиметрах. В то время, когда ротор начинает вращаться равномерно, вращательный момент, из-за и закручивания пружины и вязкости, будет сбалансирован. Вязкость образца прямо пропорциональна углу закручивания пружины. На шкале будет изображен данный показатель [8].

Существуют цифровые приборы, которые преобразуют величину вращательного момента, и показывают коэффициент вязкости. В данной ВКР было выделено внимание именно этим методом определения вязкости, поскольку используя этим методом, можно легко определить вязкость среды, что будет объяснено в дальнейших разделах данной работы.

2. Обобщенная структура устройства и описание объектов реализации проекта

По словам Цыбрия И.К, проектирование представляет собой комплексный процесс, преобразования исходного описания объекта в окончательное, на основе выполнения работ исследовательского, расчётного и конструкторского характера [13]. Для того, чтобы создавать прототип устройства и его обобщенную структуру были определены нужные характеристики и функции исходя из целей и задач.

Целью является создание устройства на базе мультиварки, которое заменит несколько специализированных приборов для автоматического приготовления и перемешивания как очень густой, так и жидкой пищи. С возможностью удаленного управления.

Данное устройство актуально, так как на рынке не существует доступного по цене устройство, который может совмещать приготовление туго-вязкой пищи с автоматическим добавлением ингредиентов и их перемешиванием. Существует всего несколько аналогов во многом уступающих представленному устройству.

Основные функции данного устройства включают удаленное управление, автоматическое перемешивание и регулирование вязкости приготавливаемой пищи и автоматическое дозирование ингредиентов. Для обеспечения всех выше перечисленных функций были составлены технические параметры устройства, описанные в таблице 2.

Таблица 2 - Технические требования устройства

Параметр	Значение
Объем чаши	2000 мл
Крутящий момент двигателя замешивания	~ 22 Нм
Скорость вращения двигателя постоянного тока, об/мин	> 800
Мощность нагревательного элемента	~ 2000 Вт
Напряжение питания, частота	220 В, 50Гц
Беспроводная связь	WiFi 802.11 b/g/n
Ёмкость дозатора	~ 1000 мл
Вес	< 4 кг
Пользовательское приложение	Windows 7, 10, Android, iphone

На основе всего выше перечисленного будет создан эскиз устройства и приведен выбор основных электронных, электрических, электромеханических и механических комплектующих для устройства.

2.1. Эскиз устройства и обобщенная структура системы

На рисунке Рисунок 9 представлен эскиз разрабатываемого устройства.

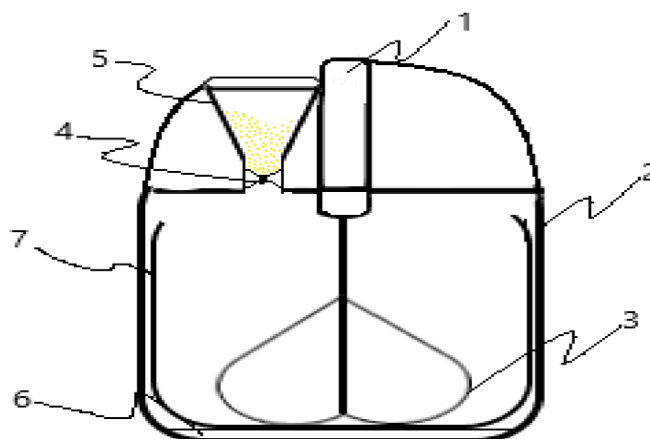


Рисунок 9 – Эскиз устройства

Устройство будет представлять собой термоизолированный корпус (2) с нижним подогревательным элементом (6), антипригарной чашей для приготовления (7). Корпус сверху будет плотно закрываться крышкой, в

которую вставляется венчик для перемешивания (3), работающий от мощного двигателя постоянного тока(1). К крышке будет существовать возможность присоединения емкости для автоматического добавления ингредиентов(5), которая снабжена устройством дозатора (4).

Для осуществления управления и контроля хода процесса приготовления в устройстве будет находиться встроенный микропроцессор и аппарат для беспроводной передачи данных для обеспечения удаленного управления и мониторинг через приложение на смартфоне или компьютере. Схема архитектуры системы показана на рисунке 10.

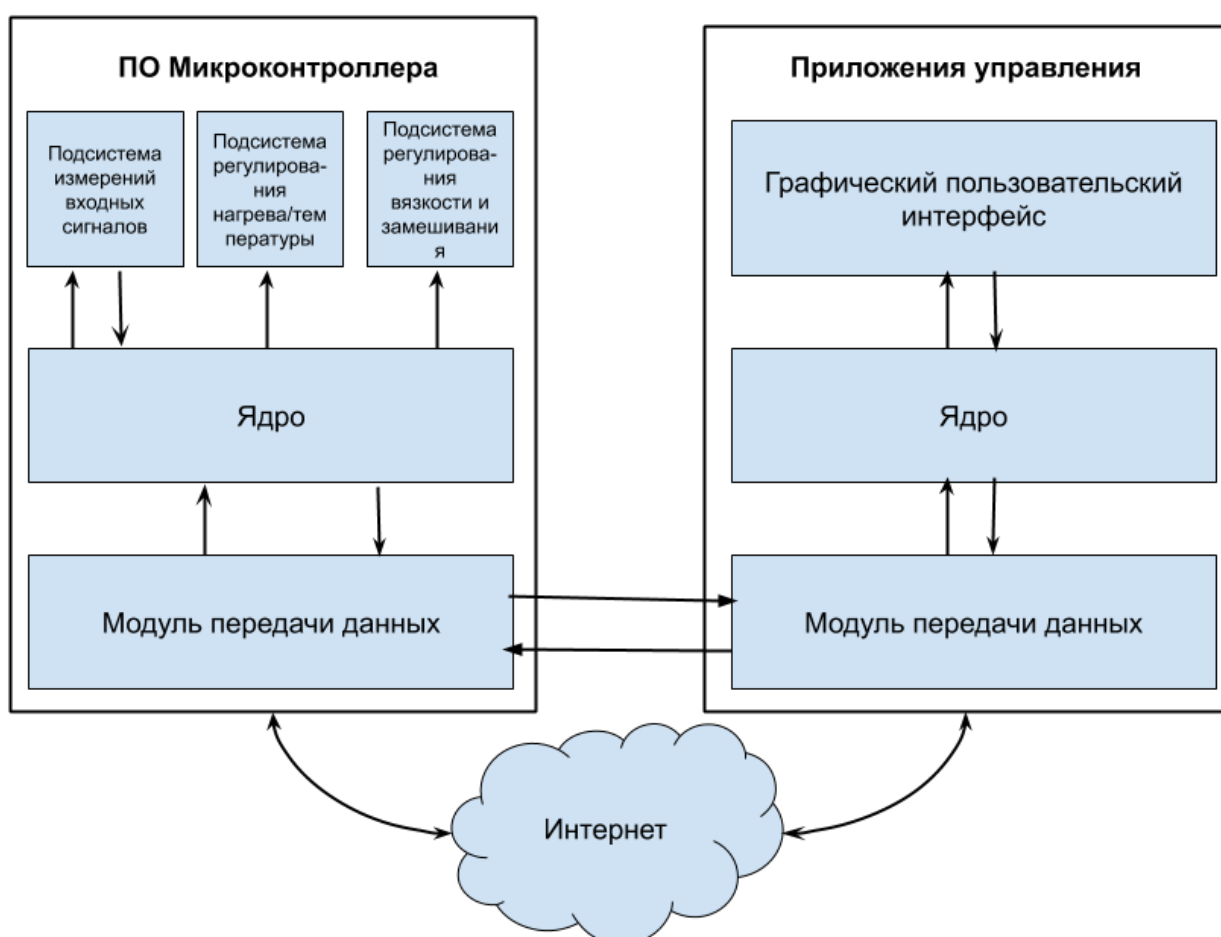


Рисунок 10 - Схема архитектуры системы

В составе программного обеспечения (ПО) для микроконтроллера входят под подсистемы измерений входных сигналов, регулирования

температуры и вязкости. Так же должен содержаться модуль передачи данных. Ядро ПО микроконтроллера будет обеспечивать координацию всех его составляющих, включая интерпретацию коммуникационных сигналов от модуля передачи данных и другие. Аналогичным образом, должно быть реализовано приложение управления системой, для начала под Windows 10, а потом под Android.

2.2. Описание и выбор основных объектов реализации проекта

В процессе выбора различных комплектующих отдавался низкой стоимости, простоте внедрения и замене, надежности и гибкости.

Для создания устройства были выбраны следующие объекты для реализации:

2.2.1. Микроконтроллер ESP32

Для осуществления управления хода процесса был выбран микроконтроллер вместо микрокомпьютера или микропроцессор, поскольку задачи, которые требуется управлять и регулировать не требуют много ресурсов ЭВУ для реализации.

Микроконтроллеры - это небольшие вычислительные устройства на одной микросхеме, которые содержат одно или несколько процессорных ядер, и устройства памяти встроены рядом с программируемыми портами ввода-вывода специального и общего назначения. Они используются особенно в приложениях, где необходимо выполнять только определенные повторяющиеся задачи.

В настоящее время, на рынке существуют большое количество похожих и доступных по цене микроконтроллеров которые содержат множество периферийных устройств и функции, что усложняет процесс выбора микроконтроллеров для реализации какой-либо задачи.

С целью упрощения выбора микроконтроллера, была создана оценочная карта (таблица 3) микроконтроллеров в которой перечислены важные для данного проекта характеристики рассматриваемого микропроцессора. Для каждого параметра был присвоен эталонный показатель, от 1 до 5. Эталонные показатели были суммированы для каждого микроконтроллера, для получения его итоговой оценки.

Таблица 3 – Оценочная карта выбора микроконтроллеров

Микроконтроллер Характеристик	Желаемое значение	ε_i (макс.)	Arduino Uno	Arduino Mega	ESP8266 (ESP12E)	ESP32 MHET LIVE	STM32F0 Discovery	STM32F4 Discovery
1.ОЗУ, КБ	> 8	4	1	4	4	4	2	4
2.ПЗУ, КБ	> 8	4	4	4	4	4	4	4
3.EEPROM, Б	256	2	2	0	0	0	0	0
4.WiFi	+	5	0	0	5	5	0	0
5.Рабочее напряжение, В	5	3	3	3	1	2	2	2
6.АЦП, бит	12	3	1	1	1	3	3	3
7.Поддержка FreeRTOS	+	5	3	5	5	5	3	5
8.Кол-во GPIO	10	4	4	4	1	4	4	4
9.Удобство /сложность отладки		4	2	2	2	3	4	4
10.Поддержка общество		5	5	5	4	5	3	3
11.Цена, руб.	<500	5	3	1	5	5	0	0
12.Частота		3	1	2	2	3	2	2
13. ШИМ выходы		3	3	3	1	3	3	3
Итог		50	32	34	35	46	30	34

Согласно результатам оценки, наилучшие характеристики имеют модуль ESP32-MHET-LIVE который содержит микроконтроллер ESP32. ESP32 представляет собой серию недорогих, энергосберегающих «систем-на-

микросхемах» (SOC) 32-битных микроконтроллеров с интегрированным Wi-Fi и двухрежимным Bluetooth [10]. Серия ESP32 использует микропроцессор Tensilica Xtensa LX6 как в двухъядерном, так и в одноядерном исполнении и включает встроенные антенные переключатели, радиочастотный симулятор, усилитель мощности, малошумящий приемный усилитель, фильтры и модули управления питанием. ESP32 создан и разработан Espressif Systems, китайской компанией, базирующейся в Шанхае. Некоторые технические параметры процессора ESP32 приведены в таблице 4, и модуль ESP32 MNET-LIVE показан на рисунке 11.

Таблица 4 – Характеристики микроконтроллера ESP32.

Характеристик	Значение
Ядра	2 x Tensilica Xtensa LX6
ОЗУ	520 кБ
ПЗУ	448кБ
АЦП	18 каналов x 12 бит
ЦАП	2 канала x 8 бит
Тактовая частота	240, 160, 80МГц
Порты ввода вывода	34 (6 являются только входами)
ШИМ выходы	16 каналов
Криптографические периферий	Аппаратное ускорение алгоритмов AES, SHA-2, RSA, ECC, RNG.
Рабочее напряжение	2.5 В – 3.6 В
Bluetooth	v4.2 BR/EDR and BLE
Таймеры	4 x 64 бит

мультиварки имеют регулируемый термостат. В дополнение к программам приготовления, мультиварка может иметь функции, чтобы держать пищу в тепле, разогревать или готовить ее по заранее обозначенному времени (отложенный старт).

Очевидно по ее определению и функции что, что мультиварка вполне подходит в качестве емкости для приготовления, поскольку в нем содержится нагревательный элемент управляемый через реле, и изолированная емкость для приготовления.

На рынке существуют большой выбор мультиварок производства Китая. Не смотря на то, что выбор большой, большинство этих мультиварок сделаны на одинаковой элементной базе и отличаются только по мощности, объему чаши, маркировкам и по количеству заложенных программ и конечно же, по цене. Цена, объем чаши и мощность нагревательного элемента являлись важнейшими факторами при выбора мультиварки.

Была создана оценочная карта (таблица 5) в которой перечислены важные для данного проекта, характеристики мультиварки. Желаемые характеристики были подобраны исходя из технических требований устройства.

Таблица 5 - Оценочная карта для выбора мультиварки

Мультиварка Характеристик	Желаемое значение		э _i (макс.)	Polaris PPC 1203AD	Delta DL-6516	Marta MT-1972
	> 0.8	0.9				
1.Мощность, кВт	> 0.8	0.9	4	1	4	4
2.Объем чаши, л	> 4	5	3	4	3	5
3.Цена, тыс. рубл.	< 2	5	5	2	2	5
4.Материал корпуса	Металь	4	0	3	3	3
Итог:		18	9	14	12	17

По данным оценочной карты, наилучшей мультиваркой является Marta МТ-1972 (рис. 12) которая содержит технические параметры [6] приведенные в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристики мультиварки Marta

Характеристик	Значение
Мощность	900Вт
Объём чаши	6 л
Покрытие чаши	Антипригарное
Количество программ	15 шт.
Управление	Электронное
Дополнительные функции	3D нагрев, поддержание тепла, отложенный старт, регулировка времени приготовления
Материал корпуса	Металл + пластик



Рисунок 12 - Мультиварка Marta МТ-1974

2.2.3. Устройство дозатора (диспенсера)

Устройство дозатора (диспенсера) нужно для автоматической подачи известного количества муки или других ингредиентов в чашу приготовления. Часто встречаются следующие виды дозаторов [12]:

- объемные;
- массовые;
- шнековые.

Объемные дозаторы применяются для дозирования твёрдых сыпучих материалов, жидкостей, газов, паст. Эти дозаторы просты по конструкции, достаточно надёжны. К недостаткам объемных дозаторов относятся зависимость объёма дозы, от температуры и давления (особенно для газов), значительная погрешность при дозировании пенящихся сред и применяются, обычно, для дозирования твёрдых сыпучих материалов, паст, жидкостей, реже газов.

Массовые дозаторы применяются чаще всего для дозирования, твёрдых сыпучих материалов, жидкостей, паст. Массовые дозаторы имеют следующие преимущества относительно других типов дозаторов [12]:

- размер дозы не зависящий от давления и температуры;
- высокая точность с погрешностью около 0,2 %;
- имеют сравнительно малую погрешность при дозировании пенящихся сред.

Массовые дозаторы состоят из массовых (кориолисовых) расходомеров, клапанов на входе и выходе и блока управления, который получает сигнал от расходомера о количестве прошедшего продукта, сравнивает его с заданием и прекращает подачу продукта [19]. Основным недостатком массовых дозаторов является их сравнительно высокая стоимость. Массовые дозаторы являются проектно-компонруемыми

изделиями. Они используются во многих областях промышленности: от нефтегазовой и металлургической до пищевой и фармацевтической.

Шнековые дозаторы (рис. 13) применяются обычно при дозировании сыпучих продуктов, таких как порошки, гранулы, паста и мука

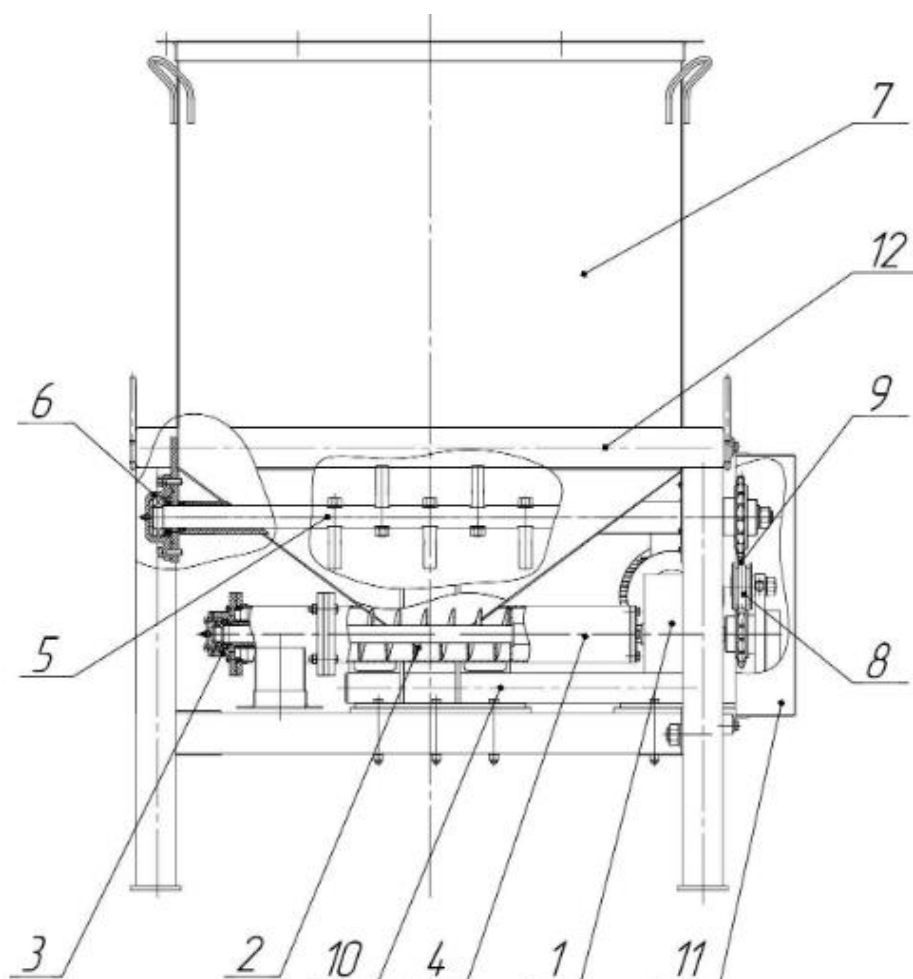


Рисунок 13 – Шнековый дозатор

[12].

Приводная станция состоит из мотор-редуктора (1). Шнековый вал (2) крепится на подшипниковых опорах (3), расположенных в корпусе шнека (4). Вал рыхлителя (5) в подшипниках качения (6) установлен в опорах на бункере (7). Вал рыхлителя соединен со шнековым валом цепной передачей (8), которая имеет натяжной ролик (9). Бункер, корпус шнека и опорная рама (10) представляют собой металлоконструкцию, собранную в одно целое. Наружные вращающиеся части ограждены кожухом (11).

Материал из бункера, посредством перемешивающего устройства, а также под собственным весом, поступает в корпус шнека. При вращении шнекового вала, материал получает поступательное движение в осевом направлении корпуса шнека и равномерно перемещается в направлении разгрузочного патрубка. Дойдя до разгрузочного отверстия, он под действием силы тяжести подается вниз по разгрузочному патрубку.

Точность таких дозаторов не самая лучшая, хотя благодаря новым точным методам приготовления шнеков они обладают точностью в 0.5% при дозе от одного до десяти грамм [12]. Основными преимуществами являются: простота чистки и замены шнека, простота конструкции и исключения вероятности рассыпания продукта при дозировании благодаря подаче продукта шнеком внутри шнековой трубы.

Среди выше перечисленных видов устройств дозаторов лучше всего подходят шнековые дозаторы, поскольку они сравнительно простые в конструкции и обслуживании так же предназначены для дозирования муки.

2.2.4. Двигатель устройства перемешивания (миксера)

Момент вращения двигателя является важным фактором при выборе двигателя. Исходя из технического задания было известно, что крутящий момент электродвигателя должен быть больше 22Нм и его скорость вращения, больше 800 об/мин.

Поскольку бюджет был небольшой, и время для реализации данного проекта было ограничено сдачей ВКР, был сделан преднамеренный выбор воспользоваться двигателем постоянного тока (рис. 14) от ручного шуруповерта «Вихрь ДА-12-2» вместе с его редуктором в качестве двигателя для устройства перемешивания.

Данный двигатель имеет следующие характеристики:

- максимальное число оборотов холостого хода - 1250 об/мин;

- максимальный крутящий момент - 24 Н/м;
- максимальный диаметр зажима - 10 мм;
- минимальный диаметр зажима - 0.8 мм.

2.2.5. Метод определения вязкости среды

В первом разделе данной ВКР были рассмотрены различные методы определения вязкости и было отмечено, что особое внимание дается ротационным методом поскольку с его помощью можно легко и определить вязкость среды.

Вязкость – это свойство твёрдых и текучих веществ сопротивляться перемещению одной их части или слоя относительно другой из-за внутреннего трения. Ротационный метод основан на факте того, что на движущееся (или вращающееся) тело в вязкой среде действует сила трения (или момент трения) которая пропорциональна вязкости рассматриваемой среды, согласно определения вязкости.

В данной работе, согласно эскизу устройства на рисунке 9, двигатель постоянного тока выбранный в предыдущим разделе, вращает венчик перемешивания, который непосредственно помещен в среду.

Характеристика момента двигателей постоянного тока с независимыми и параллельным возбуждением называют зависимость механического момента на валу двигателя, от тока якоря при постоянном номинальном напряжении питания $U = U_n = \text{const}$ и при постоянном номинальном токе возбуждения $I_v = I_{vn} = \text{const}$. [11]

$$M = f(I_a) \quad (8)$$

Где M – механический момент на валу двигателя; I_a – ток якоря.

Нагруженный двигатель, при токе якоря I_a развивает механический момент:

$$M_{эм} = C_m \cdot I_{я} \cdot \Phi \quad (9)$$

где $M_{эм}$ – момент на валу двигателя, C_m - , Φ – магнитный поток.

Этот развиваемый момент, называют электромагнитным. Согласно этой формуле, измеряя силу тока, протекающую в обмотках якоря двигателя миксера, можно определить нагрузку на валу двигателя (момент). Чем больше значение силы тока, тем больше нагрузка и соответственно, тем больше вязкость среды в которой венчик перемешивания вращается.

Для определения (измерения) силы тока протекающей в обмотках якоря двигателя с микроконтроллером используется 2 основных метода.

Первый метод основан на законе Ома (рис. 14). Этот метод называется резистивным методом измерения тока. Если ток I протекает в цепь через двигатель M , и «сенсорный» резистор R маленького сопротивления, то измеряя падение напряжения (ΔU) на резисторе R можно получить значение силы тока протекающей в контуре [11].

$$I = \frac{\Delta U}{R} \quad (10)$$

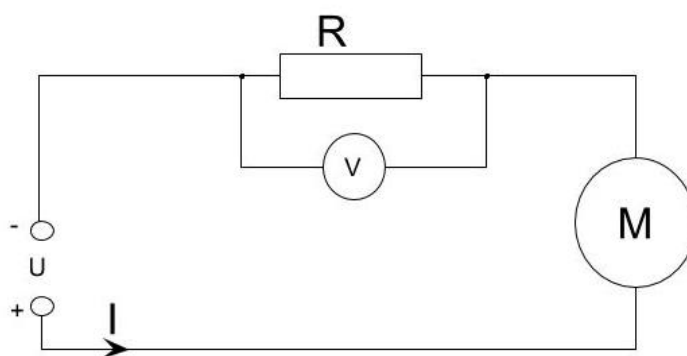


Рисунок 14 – Определение силы тока в двигателе законом Ома

Сопротивление резистора R выбирают таким образом, чтобы падение напряжение на данном участке цепи была минимальным – меньше 100мВ, резистивный датчик тока обладает явными преимуществами, выраженными в

низкой стоимости и возможностью измерять как переменный, так и постоянный токи. Главным недостатком резистивного датчика тока является необходимость подключать датчик непосредственно в цепь измерения, потерь энергии в виде тепла через «сенсорного» резистора и относительно низкая точность [20].

Второй метод основан на эффекте Холла. Эффект Холла — явление возникновения поперечной разности потенциалов при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле. На основе эффекта Холла изготавливают датчики Холла, приборы для измерения напряженности магнитного поля и определения силы тока в проводнике. В отличие от трансформаторов тока, датчики Холла дают возможность измерять и постоянный.

Датчик тока на основе эффекта Холла обладает рядом преимуществ, которые заключаются в возможности измерения как постоянных, так и переменных токов, и малых размерах. К их главным достоинствам следует отнести отсутствие вносимых с системой потерь мощности, широкий диапазон частот. Недостатком является необходимость внешнего источника питания и зависимость от температуры.

Был выбран модуль датчика тока ACS712ELCTR-30A-T (рис. 15) на Эффекте Холла чтобы избежать от различных недостатков резисторного метода.



Рисунок 15 - Модуль датчика тока
ACS712ELCTR-30A-T

Датчик ACS712ELCTR измеряет силы тока от -30А до +30А и выводит значения тока в виде напряжения от 0В до 5В. Это напряжение можно определить используя АЦП микроконтроллера.

2.2.6. Венчик для перемешивания

В качестве венчика для перемешивания был взят для начала алюминиевый венчик от кухонного комбайна Philips (рис. 16). Было принято решение экспериментировать с другими видами венчиков если подобранный вариант не эффективно перемешивает блюдо до нужной консистенции.



Рисунок 16 - Венчик для перемешивания от кухонного комбайна Phillips

2.2.7. Итоговые выбранные комплектующие

Основные комплектующие, выбраны для реализации, их назначения написаны в таблице 7.

Таблица 7 – Основные комплектующие

	Компонент	Описание	Назначение
1	Микроконтроллер	ESP-WROOM-32	Для управления и регулирования устройства; для передачи данных и сохранения пользовательских настроек*
2	Источник питания	12В, 8А	Для питания двигателей
3	Двигатель постоянного тока с редуктором от шуруповерта	12В, 800rpm,	Для смешивания пищи
4	Шаговый двигатель	SP42RD 200L	Для устройства дозатора
5	Драйвер для шагового двигателя	A4988	Для управления шагового двигателя
6	Датчик тока	ACS712 - 30А	Для измерения вязкости изготавливаемой пищи.
7	Мульти-варка «Марта», 6Л	MT-1974	Емкость для изготовления; для нагревания приготавливаемой пищи
8	Шнековый Дозатор		Для подачи муки в емкость изготовления

9	Датчик температур	DS1821	Для измерения температуры
10	МДП- транзисторы, 2шт.	TOSHIBA K2610	Для усиления управляющей сигнала от микроконтроллера к двигателю миксера
11	Вентилятор охлаждения	12В, 40x40x10mm	Для охлаждения МДП транзисторов
12	Оптопара	P421F	Для гальванической развязки силовой схемы (двигатели) от управляющей (микроконтроллера)
13	Преобразователь DC-DC	MT3608	Для преобразования 12В от источника питания в 5В
14	Датчик температуры	DS18B20	Для измерения температуры

3. Реализация проекта

Данная часть работы описана реализация проекта, включая разработку программного обеспечения, соединения объектов реализация проекта между собой и другие.

3.1. Разработка механической, электронной структуры.

3.1.1. Разработка механической структуры

3D модель устройства была создана в Solidworks 2017. Сначала, была создана 3D модель мультиварки на базе которой были смоделированы все остальные комплектующие проекта, включая держатель для двигателя замешивания и другие.

Во втором разделе было описано, что был выбран шнековый метод дозирования муки. Однако, на рынке не существуют доступных по цене и подходящих по размерам шнековых дозаторов. Поэтому, устройство дозатора было смоделировано в Solidworks (рис. 17) и распечатано на 3D принтере пластиком PLA (poly-lactic acid) который является более менее безопасным для использования в пищевых устройствах.

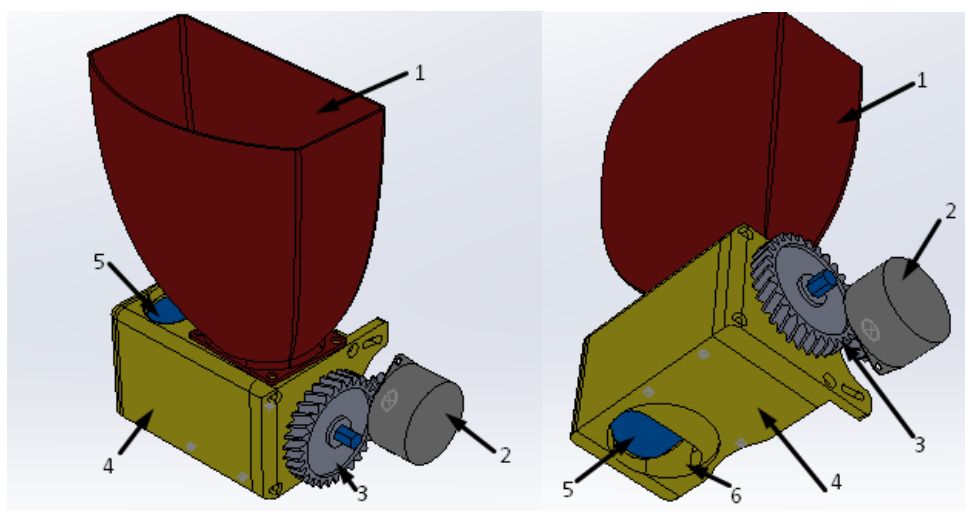


Рисунок 17 – 3D модель устройства дозатора

Устройство дозатора (рис. 18) состоит из емкости дозатора объемом 900мл (1), в который помещается мука или другие ингредиенты для

приготовления. Емкость дозатора имеет выход в корпусе шнека(4). Шаговый двигатель (2) вращает шнек (4) через редуктор (3), и таким образом, мука (ингредиент) перемещается через корпус шнека и выходит через отверстие 6.

С целью обеспечения дополнительной безопасности, все комплектующие распечатанные на 3D принтере которые взаимодействуют с пищевыми продуктами были покрыты алюминиевой фольгой.

Конечная 3D модель представлена на рисунке 18.

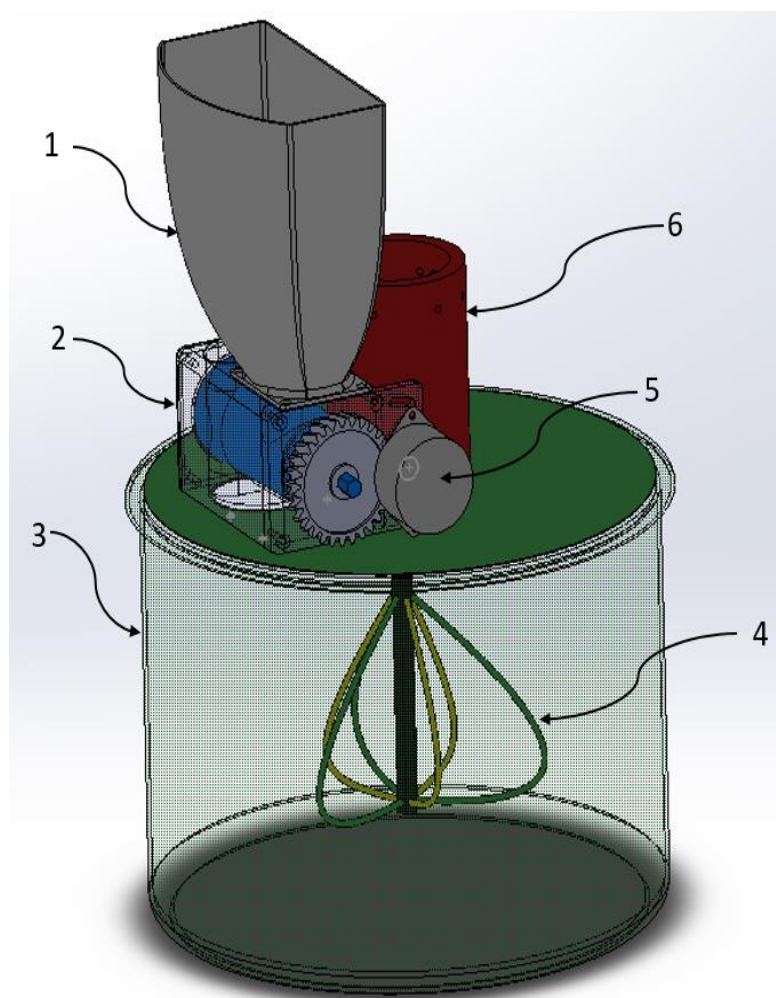


Рисунок 18 – 3D модель устройства. 1- емкость дозатора, 2- дозатор, 3- емкость для изготовления, 4-венчик, 5 – двигатель дозатора, 6 – держатель двигателя венчика

3.1.2. Разработка электронной схемы устройства

Принципиальная схема для управления устройством была нарисована в Dip-trace (рис. 19). Основные электронные и электромеханические составляющие написаны в таблице, и их назначения написаны в таблице 7.

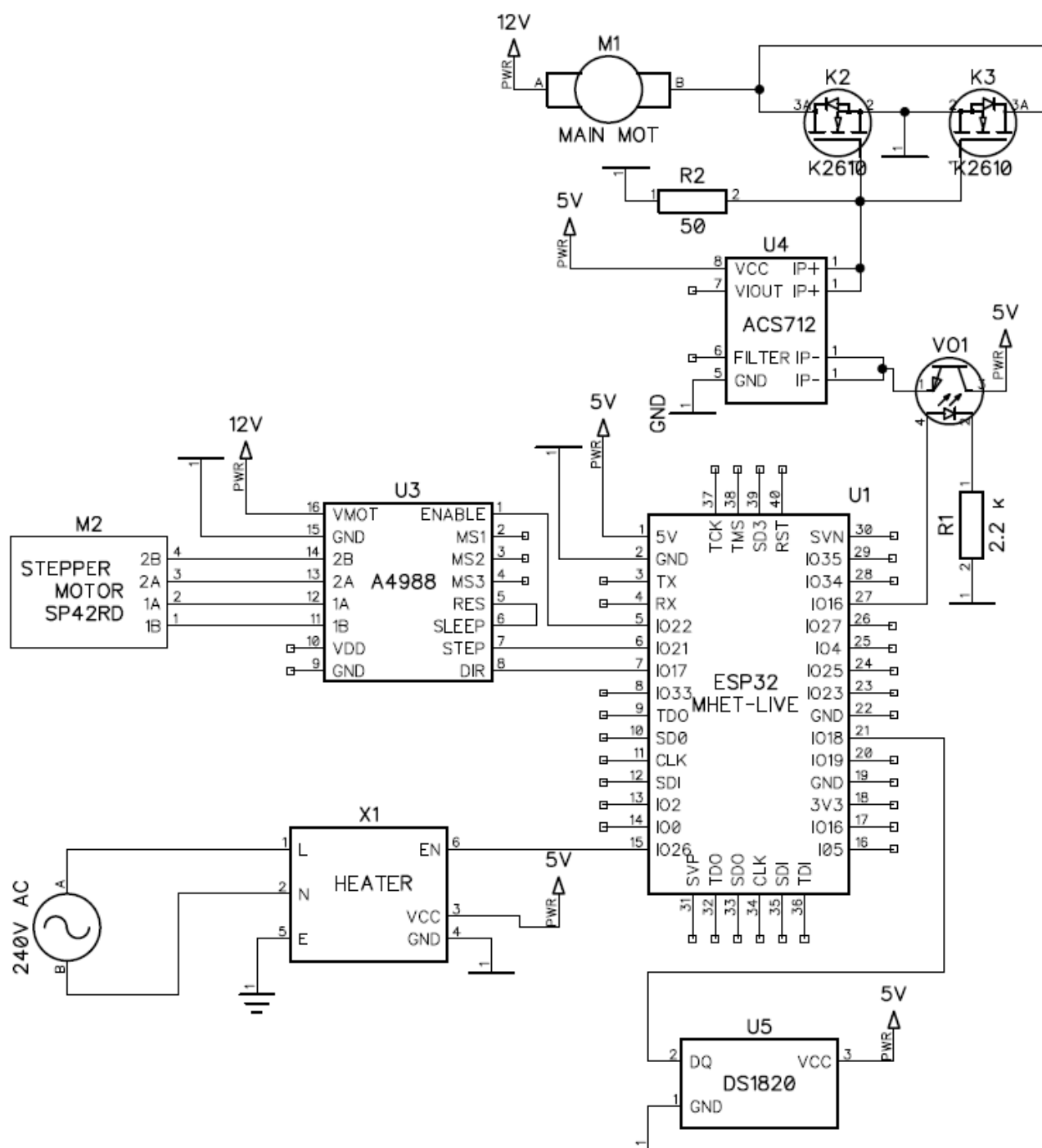


Рисунок 19 – Принципиальная схема

Таблица 8 – Спецификация комплектующих принципиальной схеме

Обозначение	Наименование	Комментарии
M1	MAIN_MOT	Двигатель замешивания
M2	STEPPER_MOTOR SP42RD	Двигатель дозатора
K2, K3	K2610	МПД транзисторы (MOSFET)
R1	2.2 кОм	
R2	50 Ом	
U1	EPS32 MHET-LIVE	Плата микроконтроллера
U2	A4988	Драйвер двигателя дозатора
U3	ACS712	Датчик тока
U4	DS1820	Датчик температуры
X1	HEATER	Нагревательный элемент в комплекте с его реле
VO1	P421F	Оптопара
-	12V	Напряжение от источника питания 12В, 8А
-	5V	Напряжение 5В, от DC-DC преобразователя MT3608

3.2. Разработка программного обеспечения

3.2.1. Программное обеспечение микроконтроллера

Программное обеспечение микроконтроллера было разработано в интегрированной среде разработки «Visual Studio Code». Был установлен плагин «PlatformIO» который позволяет установить различные компиляторы и библиотеки для отладки микроконтроллеров, в том числе и ESP32.

В разделе «Boards» плагина «PlatformIO», был установлен комплект разработки программного обеспечения (SDK) для работы с контроллером ESP32 который включает в себя библиотеки и компилятор. Дальше вся разработка выполнялась на плагине «PlatformIO». Следует отметить, что SDK для ESP32 построена на основе операционной системы реального времени FreeRTOS.

После включения контроллера, идет инициализация используемых ножек ввода вывода, WiFi, и начальных значений различных переменных вызовом функции *init_hw_drv()* (рис. 20). Контроллер сбрасывается вызовом функции *resetModule()* если не успешно инициализируется модуль «WiFi», так как он крайне важна для всей системы (строка 163 на рисунке 20).

```

138 uint8_t init_hw_drv()
139 {
140     uint8_t ret;
141     String msg;
142
143     /*Инициализация главной управляющей структуры */
144     hw_drv.stepper = &disp_stepper;
145     hw_drv.wifi_drvr = &WiFi;→ // объект драйвера WiFi
146     hw_drv.server = new WiFiServer;→// Объект сервера TCP/IP по WiFi
147     hw_drv.curr_sens = new ACS712(ACS712_30A, MAIN_MOT_CURR); // Объект датчика тока
148     hw_drv.temp_top = 0.00;→ // Текущее значение температуры
149     hw_drv.temp_setpoint=0.00;→ // Уставка температуры
150     hw_drv.main_mot_state=false;→ // Начальное состояние двигателя перемешивания
151     hw_drv.relay_state=false;→ // Начальное состояние реле нагрева
152     hw_drv.mot_on_time = 0;→ // Время включения двигателя перемешивания
153     hw_drv.mot_run_time=0;→ //
154
155     analogReadResolution(12);→ // Разрешение АЦП
156     /* Инициализация ножки ввода-вывода */
157     pinMode(HEATER_RELAY_PIN, OUTPUT|PULLDOWN);
158     pinMode(MAIN_MOT_PIN, OUTPUT);
159     pinMode(MAIN_MOT_CURR, INPUT);
160     digitalWrite(HEATER_RELAY_PIN, LOW);
161
162     /* Инициализация WiFi. Сброс контроллера, если не успешно*/
163     if (initialise_wifi() != SC_ERR_NOERR) resetModule();

```

Рисунок 20 – Часть функций *init_hw_drv()* для инициализации модуля

Потом вызовом *xTaskCreate()* операционной системы FreeRTOS создается следующее 5 асинхронных потоков:

1. задача передачи и приема данных (задача TCP сервера);
2. задача для управления шагового двигателя дозатора;
3. задача управления реле нагревателя;
4. задача управления двигателя замешивания;
5. задача чтения входных сигналов от всех датчиков (рис. 21).

```

80  → // задача для управления шагового двигателя;
81  → xTaskCreate(stepper_run_task, "Stepper",1024, NULL, 3, NULL);
82  → //задача передачи и приема данных (задача TCP сервера);→
83  → xTaskCreate(tcp_server_task, "Server",
84  → |   |   |   configMINIMAL_STACK_SIZE * 8, NULL, 2, NULL);→
85  → |   |   |   //задача чтения входных сигналов от всех датчиков→ |   |   |   →
86  → xTaskCreate(read_sensors_task, "Refresh Sens", \
87  → |   |   |   |   configMINIMAL_STACK_SIZE * 4, NULL, 2, NULL);
88  → vTaskDelay(2000);
89  → //задача управления нагрева
90  → xTaskCreate(temperature_control, "Heating control",
91  → |   |   |   |   configMINIMAL_STACK_SIZE, NULL, 1, NULL);
92  → //задача управления двигателем замещения
93  → xTaskCreate(motor_control_task, "Motor control",
94  → |   |   |   |   configMINIMAL_STACK_SIZE, NULL, 1, NULL);→

```

Рисунок 21 – Создание потоков системы вызовом функции xTaskCreate()

Главный поток системы является потоком *tcp_server_task()* который осуществляет интерпретацию полученных данных по TCP/IP соединению от пользовательского приложения, если оно есть.

Алгоритм работы потока TCP сервера показано на рисунке 22.

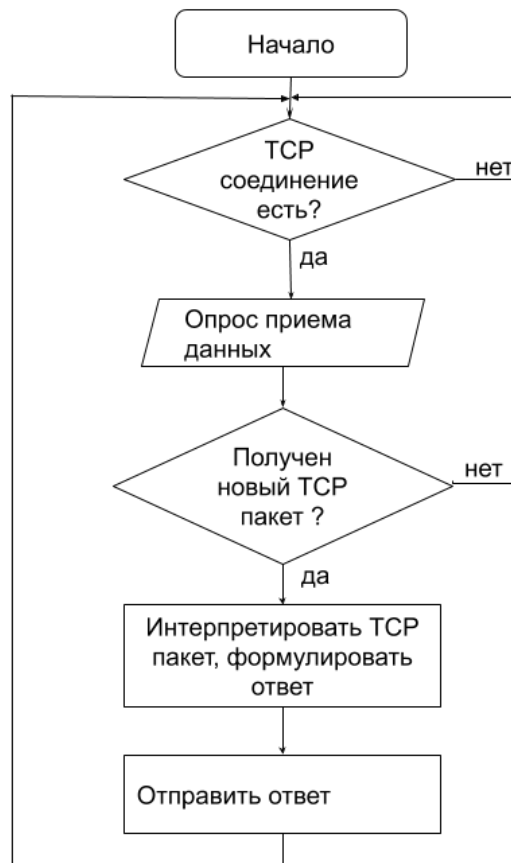


Рисунок 22 - Алгоритм работы потока ТСР сервера.

После получения данных по ТСР, вызывается функция для интерпретации полученных данных, которая записывает полученные данные в нужные переменные, для дальнейшей интерпретации в других потоках. Допустим, если были получены данные (команда) от пользовательского приложения согласно протоколу для включения нагрева и установки желаемой температуры, то функция интерпретации записывает эти данные в соответствующие поле управляющей структуры *hw_drv*, то есть в полях *hwdrv.temp_set_point* и *hwdrv.relay_state* (рисунок 20, строки 149 и 151). Дальше, поток регулирования нагрева использует эти данные для регулирования нагрева.

3.2.2. Пользовательское приложение

Приложение для тестирования прототипа устройства было разработано в интегрированной среде разработки «Qt Creator» под на языке программирования «C++», используя стандартными библиотеками «Qt» [7] и языка «C++». Приложение называется «SadzaCookerTest.exe»

Было реализовано подключение к устройству по локальному соединению TCP/IP и интерфейс для контроля и мониторинга всех параметров устройства в графическом и цифровом виде (рис. 23).

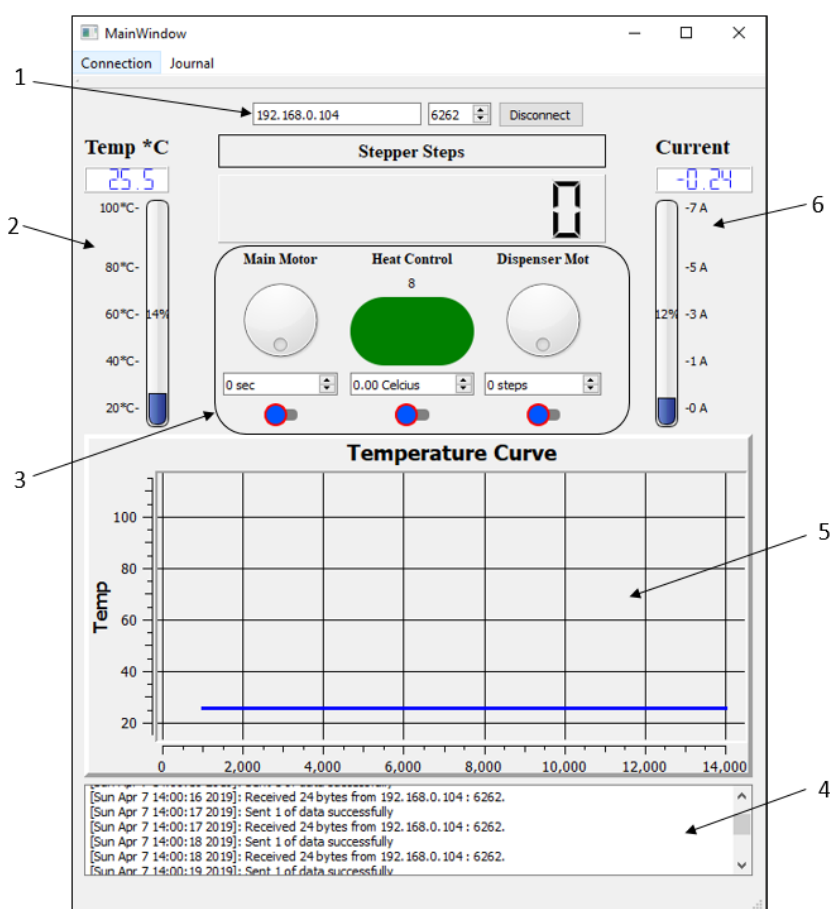


Рисунок 23 - Интерфейс приложения для тестирования работы прототипа. 1 – Сетевые настройки; 2 – показание температуры; 3 – панель управления двигателями и нагревателя; 4 – виджет сообщений; 5 – тренд температуры; 6 – показание значения силы тока

Графический пользовательский интерфейс предоставляет пользователю:

- управлять включением или выключением двигателем перемешивания;
- управлять нагревом устройства(температурой)
- управлять устройством диспенсера
- смотреть текущее значение регулируемых величин, включая температуру и ток в обмотках двигателя
- подключиться к устройству по протоколу TCP/IP, вводя IP адрес и порт для TCP соединения.

4. Результаты работы

На макетной плате была припаяна схема (рис. 24) на основе принципиальной схемы разработанной в предыдущем разделе (рис. 19).

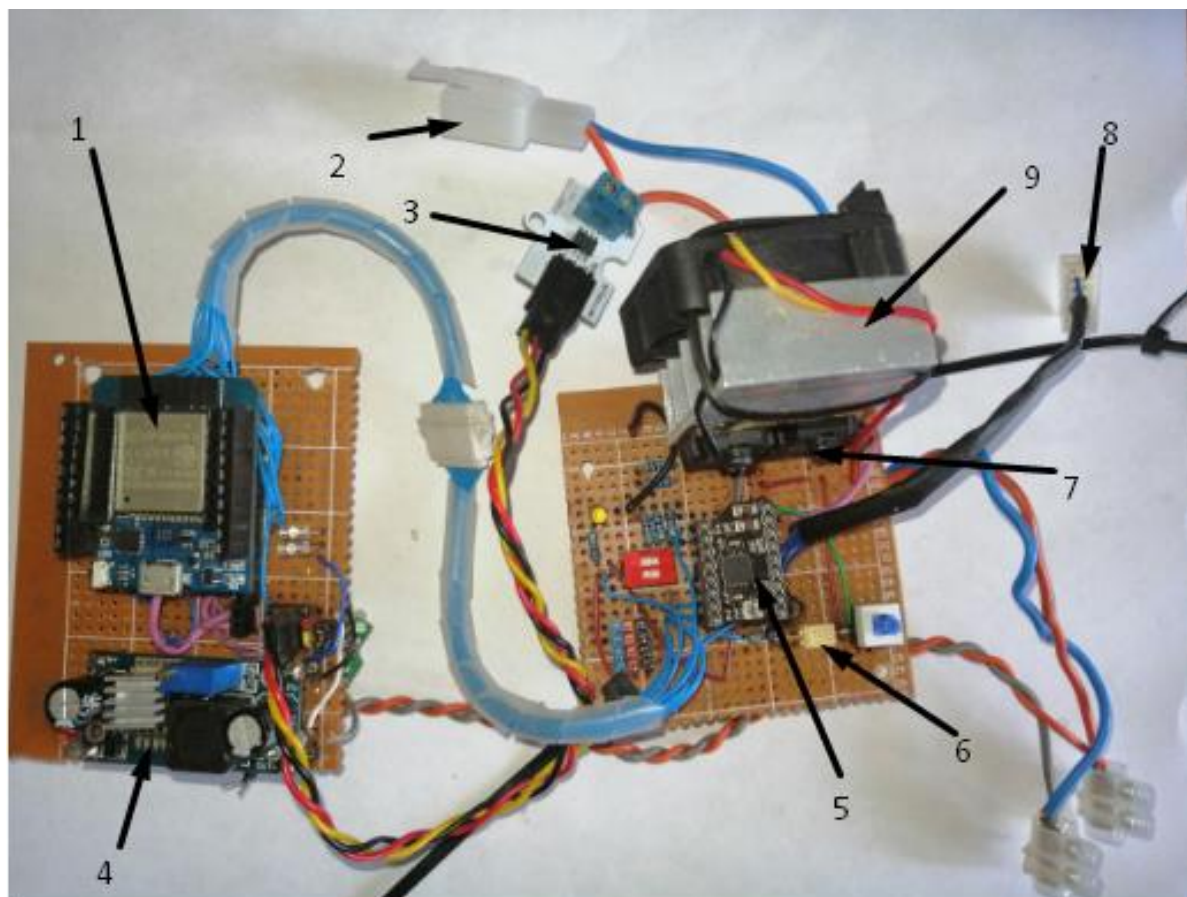


Рисунок 24 – Итоговая схема

На рисунке 24 показаны итоговые схемы, и маркированы некоторые комплектующие этих схем. 1 – Модуль микроконтроллера ESP32 MNET-LIVE; 2 – разъем подключения двигателя перемешивания; 3 – датчик тока ACS712-30A; 4 – DC-DC преобразователь напряжения; 5 – схема A4988; 6 – P421F оптопара; 7 – K2610 МПД транзисторы; 8 – разъем подключения двигателя дозатора; 9 – радиатор и вентилятор охлаждения.

Окончательная сборка устройства показана на рисунке 25.

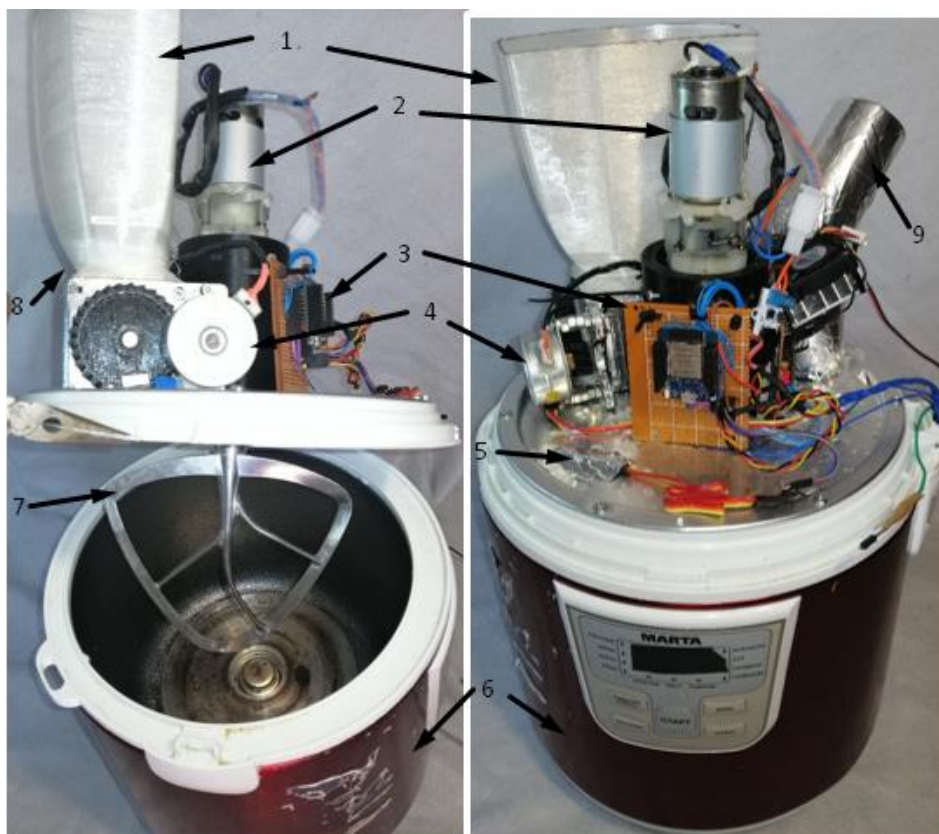


Рисунок 25 - Окончательная сборка устройства

На рисунке 25 показана окончательная сборка, и маркированы некоторые комплектующие устройства. 1 – емкость дозатора; 2 – двигатель перемешивания; 3 – плата управления; 4 – шаговый двигатель дозатора; 5 – датчик температуры; 6 – емкость мультиварки; 7 – венчик перемешивания; 8 – дозатор.

После сборки, устройство было запущено и протестировано. Для проверки работоспособности устройства было выбрано приготовление 3 литров «садза» используя кукурузную крупу в качестве эталонного туго-вязкого блюда. Помимо тестирования работоспособности устройства, другая цель тестирования являлась получением таких показателей как время нагрева воды, значение силы тока холостого хода двигателя, значение силы тока двигателя в различных этапах приготовления, и всех ингредиентов, которые нужны для достижения различных этапов приготовления. Данные от 3 таких тестов приведены в таблице 9. Этапы приготовления «жидкая каша» и «густая каша»

были определены исследователем, основываясь на теории в первом разделе данной ВКР, и на жизненном опыте приготовления потребления «садза». На рисунке 26 показано приготовленное устройством «садза» и показание пользовательского интерфейса.

Таблица 9 – Результаты тестирования

Измеряемый параметр	№ Теста			Среднее значение
	1	2	3	
Время нагрева воды (3л воды, от 20°C - 90°), мин.	22	25	23	23.3
Ток холостого хода, А	1.88	1.88	1.89	1.9
Ток на этапе «жидкая каша»	2.2	2.4	2.3	2.3
Ток на этапе «густая каша»	3.1	3.3	2.9	3.1
Весь муки для достижения этапа «жидкая каша», г	753	787	770	770
Весь муки для достижения этапа «густая каша», г	367	420	385	385
Время приготовления, мин	48	52	50	50

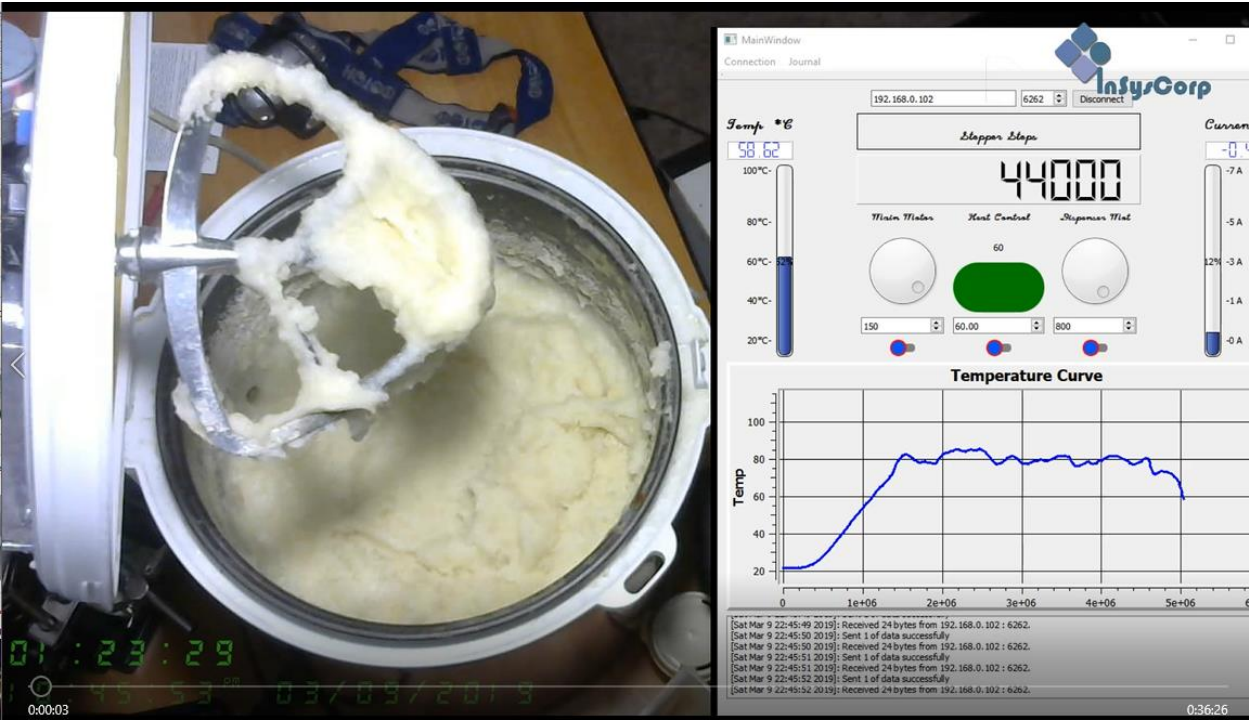


Рисунок 26 – Результат тестирования, которое показывает приготовленное устройством «садза» и показание пользовательского интерфейса

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела заключается в том, чтобы проектировать и создавать конкурентоспособные технологии, устройств и разработок соответствующих требованиям в области ресурсоснабжения и ресурсоэффективности.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке устройства для автоматического изготовления блюд с высокой степенью вязкости, в частности тугое блюдо которое изготавливается из кукурузной муки, встречающееся в ряде Африканских стран, представляющее собой туго-сваренную кашу. Это блюдо в некоторых странах Африки называется «садза» или «угали».

В африканской стране Зимбабве - основным блюдом является «садза» и ежедневно тратится примерно четыре миллиона человеко-часов на приготовление еды. В Южно - Африканской Республике (ЮАР) так же есть похоже блюдо – «пап» - которое люди едят ежедневно.

Автоматизация процесса приготовления «садза» в Зимбабве, «пап» в ЮАР и подобных блюд в других странах может привести к значительному повышению производительности, при чем без ущерба качества изготавливаемого блюда.

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе разработан устройство для автоматического приготовления блюд с высокой степенью вязкости, как «садза». Потребности, удовлетворяющие использование разрабатываемого устройства:

1. автоматизация приготовления туго-вязких блюд, без участия человека;
2. простота ухода;
3. простота использования.
4. повторяемость результатов приготовления.
5. удалённое управление и осмотра хода процесса приготовления.

Потенциальными потребителями данной разработки являются как юридические, так и физические лица и коммерческие организации, нуждающиеся в автоматичной изготовлении таких блюд как «пап» для своих работников или для продажи, особенно в странах южной и центральной Африки где такие густые блюда являются основными.

- Сегментация рынка по виду потребителей:
 1. физические лица различных доходов и возрастов, нуждающиеся в похожих устройствах для автоматизации процесса изготовления блюд в домашних условиях;
 2. коммерческие организации различных размеров которые занимают изготовления блюд для продажи, нуждающиеся в похожих устройствах различных размеров для автоматизации процесса изготовления блюд.
- Сегментация рынка по социально-демографическим признакам:
 1. по уровню дохода - потребители с высоким, средним или низким уровнем дохода;
 2. по возрасту - меньше 25 лет, от 25 до 45 лет и выше 45 лет, учитывая что людям старшего поколения сложно привыкнуть к новшествам и зачастую они не доверяют технологиям и инновациям;
 3. по жизненному циклу - одинокие и семейные.

Самыми важными критериями сегментирования среди выше перечисленных, являются сегментирование рынка по виду потребителей и по

уровню дохода. В таблице 10 приведено сегментирование рынка по следующим критериям: размер предприятий и размер устройства которое определяется по объему чаши изготовления, а в таблице 11 приведено сегментирование рынка по доходам и по размерам устройства.

Таблица 10 - Карта сегментирования рынка по размеру предприятий и размеру устройства

		Размер устройства		
		Меньше 6 л	От 6л до 50 л	Выше 50л
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Таблица 11– Карта сегментирования рынка по доходам физических лиц и по размерам устройства

		Размер устройства		
		Меньше 6 л	От 6 л до 10 л	От 10 до 50 л
Доход	Высокий			
	Средний			
	Низкий			

Согласно карт сегментирования рынка в таблице 1 и 2, можно сделать вывод что:

- основными сегментами рынка выбраны мелкие предприятия, физические лица среднего и низкого дохода, нуждающиеся в

автоматизации процесса приготовления туго-вязкой пищи находящиеся в африканских странах;

- необходимо создать устройства в разных размерах для обеспечения потребностей выбранных сегментов.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих устройств и разработок, которые существуют на рынке, необходимо производить систематически, так как рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.,

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки, как объем чаши изготовления, мощность двигателя для замешивания, возможность удаленного включения т.п.;
- конкурентоспособность разработки;
- бюджет разработки;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения;
- уровень проникновения на рынок;
- уровень завершенности разработки, например наличия прототипа, макета и т.п..

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В настоящее время, на рынке существует всего несколько конкурентных разработок от разных производителей.

Среди разработок были выделены следующие компании-конкуренты:

- «Kitchen Aid» (конкурент 1);

- «Multicuisine» (конкурент 2);
- «Algorhythm» (конкурент 3).

«KitchenAid» – частная американская компания, являющаяся ведущей в разработке и продаже бытовой техники на рынке США и в Европе. Их основная конкурентная разработка это мультиварка «KitchenAid 5KMC4244EER» с функцией перемешивания во время приготовления. Однако, проанализировав отзывы покупателей, устройство для перемешивания не предназначено для очень густой пищи, так же для замешивания теста его использовать нельзя.

«Multiquizine» - итальянская компания которая разработала частично-конкурентную мультиварку под названием «MULTICUISINE FH1394.W». «MULTICUISINE FH1394.W» - это многофункциональное устройство 5 в 1, объединяющее в себе функции мультиварки, аэрогриля, аэрофритюрницы, духовки и сковороды и имеет функцию перемешивания изготавливаемой пищи. Как и с предыдущим конкурентным устройством, данная мультиварка не замешивает туго-вязкую пищу.

«Algorhythm» - это компания Зимбабве которая разработала промышленное устройство под названием «Gwatamatic», предназначенное для автоматического изготовления «садза» и «пап». «Gwatamatic» является основным конкурентом, так как имеет все характеристики, нужные для производства именно туго-вязких блюд, однако их устройство используется только для промышленного производства. Объём чаши от 100 литров. Такие размеры, не могут использоваться на домашней кухне. Так же оно крайне дорогостоящее (30 000 долларов США).

В таблице 12 приведен значимых для данной ВКР технических и характеристик, вышеперечисленных устройств, а именно возможность перемешивания, объем чаши для приготовления, удаленный контроль процесса приготовления, наличие функций подогрева, стоимость,

автоматическая подача ингредиентов и так далее. Оценочная карта представлена в таблице 13.

Таблица 12– Технические характеристики разрабатываемого устройства и его конкуренты

Характеристик	Разрабатываемое устройство	«KitchenAid»	«Multicuisine»	«Gwatamatic»
Объем чаши изготовления	6 л	4.25 л	2.5 л	От 100л до 500 л
Удаленное управление	Есть	Нет	Нет	Нет
Объем емкости ингредиентов, л	1.0 л	-	-	от 50 л до 200 л
Цена	9990 руб.*	40000 руб.	18000 руб.	1600000 руб.
Срок эксплуатации	3 года	3 года	3 года	10 лет
Крутящий момент двигателя замешивания	23 Нм	< 1 Нм	< 1Нм	
Макс. скорость вращения ручки замешивания	1200 RPM	25 RPM	15 RPM	120 RPM

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных устройств

Критерии оценки	Вес критер ия	Баллы				Конкурентоспособно сть			К _{к3}
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}	
1	2	3	4	5		6	7	8	9
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Мощность двигателя замешивания	0.2	5	1	1	5	1	0.2	0.2	1
2. Объем чаши изготовления	0.2	4	3	3	1	0.8	0.6	0.6	0.2
3. Удалённое управления	0.15	5	1	1	1	0.75	0.15	0.15	0.15
4. Автоматическая подача ингредиентов	0.1	5	0	0	5	0.5	0	0	0.5
5. Модульность	0.05	2	3	1	4	0.1	0.15	0.05	0.2
6. Вес	0.05	4	5	5	1	0.2	0.25	0.25	0.05
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность	0.05	4	3	3	4	0.2	0.15	0.15	0.2
2. Уровень проникновения на рынок	0.05	0	2	2	4	0	0.1	0.1	0.2
3. Цена	0.1	4	2	2	1	0.4	0.2	0.2	0.1
4. Наличие сертификации разработки	0.05	3	4	4	4	0.15	0.2	0.2	0.2
Итого	1	36	24	22	30	4.1	2	1.9	2.8

Согласно критериям ресурсоэффективности можно выделить следующие слабые стороны проекта: отсутствие сертификации на разработку и отсутствие модульности устройства. Однако, разрабатываемое устройство

является сильным конкурентом по оставшимся техническим характеристикам. Из сильных сторон можно выделить относительно низкую цену, наличие удаленного управления, относительно мощный двигатель замешивания, маленький размер устройства и малый вес устройства.

5.1.3. SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Низкая стоимость.</p> <p>С2. Удалённое управление.</p> <p>С3. Мощный двигатель замешивания.</p> <p>С4. Маленький вес и размер прибора.</p> <p>С5. Удобство в эксплуатации.</p> <p>С6. Конкурентоспособность устройства.</p> <p>С7. Использование новой технологии</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Устройства в этапе прототипирования.</p> <p>Сл2. Отсутствие модульности устройств.</p> <p>Сл3. Отсутствие сертификации и патента устройств.</p> <p>Сл4. Отсутствие опыта внедрения продукта на рынок.</p> <p>Сл5. Отсутствие фундаментальных знаний в области бытовой техники.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность привлекать инвестиции от Африканских государств и компаний.</p> <p>В2. Выход на рынок африканских стран.</p> <p>В3. Узкая направленность разработок конкурентов.</p> <p>В4. Высокий интерес к инновационной разработке в целевом рынке.</p> <p>В5. Распространённый рынок комплектующих.</p>	<p>Низкая стоимость, возможность привлекать инвестиции от Африканских государств позволит быстро выйти на рынок и увеличить объем прибыли, и повысить конкурентоспособность. Использование новой технологии в разработке и рост интереса к инновационной разработке в целевом рынке так же увеличивает конкурентоспособность продукта.</p>	<p>Возможность привлекать инвестиции может привести к привлечению новых специалистов, что приводит к быстрой доработке устройства и выходу на рынок. Высокий спрос к инновационной разработке может привести к быстрому введению на рынок в интересах целевой аудитории.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1 Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У2. Торговая война США и Китая.</p> <p>У3. Появление копий продукта, и развитие конкурентов.</p> <p>У4. Увеличение стоимости оборудования и комплектующих.</p> <p>У5. Экономический кризис.</p>	<p>Благодаря низкой стоимости и простоте конструкции, несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов разрабатываемый прибор может оказаться для покупателей более выгодным. Также, за счет раннего выхода на рынок, есть возможность закрепиться и захватить конкурентов. Конкурентоспособность прибора в разных странах позволяет сохранить спрос в случае экономического кризиса.</p>	<p>Отсутствие сертификации и патента, может привести к быстрому копированию прибора и выходу конкурентов на рынок. Необходимо будет получить патент на разработку. Торговая «война» США и Китая может привести к сложности получения оборудования и комплектующих. Однако, используемые в приборе комплектующие производятся во многих других странах</p>

По результатам SWOT-анализа можно сделать выводы о том, что необходимо развивать и поддерживать на высоком уровне сильные стороны данной разработки, особенно ее низкую себестоимость.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения исследования необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих приборов	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Проведение ОКР			
Разработка и проектирование устройства	5	Подбор компонентов для реализации системы	Руководитель, инженер
	6	Покупка комплектующих	Руководитель, инженер
	7	Сборка устройства	Инженер
	8	Создание программной части – ПО для микроконтроллера	Инженер
	9	Создание программной части – графический пользовательский интерфейс	Инженер

	10	Тестирование и отладка работы устройства	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка полученных результатов	Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности	Инженер
	13	Составление пояснительной записки	Инженер

5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев являются основной частью стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (11)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (12)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Представим ленточный график в форме диаграммы Гранта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (13)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad (14)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Полученные данные представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работы в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел- дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож}$, чел- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	7	7	14	14	9.8	9.8	4.9	4.9	5.978	5.978
Подбор и изучение материалов по теме		7		14		9.8		9.8		11.956
Изучение существующих приборов		3		5		3.8		3.8		4.636
Календарное планирование работ по теме	2	2	6	6	3.6	3.6	1.8	1.8	2.196	2.196
Подбор компонентов для реализации устройства	5	5	15	15	9	9	4.5	4.5	5.49	5.49
Покупка комплектующих	5	5	10	10	7	7	3.5	3.5	4.27	4.27
Сборка устройства		15		25		19		19		23.18
Создание программной части – ПО для микроконтроллера		15		20		17		17		20.74
Создание программной части – графический пользовательский интерфейс		15		20		17		17		20.74
Тестирование и отладка устройства		5		10		7		7		8.54

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования
(продолжение)

Оценка полученных результатов	3		5		3.8		3.8		4.636	
Проведение технико-экономических расчетов и оценка безопасности		5		10		7		7		8.54
Составление пояснительной записки		3		5		3.8		3.8		4.636
Итого							18.5	99.7	22.6	120.3

На основе полученной таблицы 15 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план-график выполнения проекта

№ раб от	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.			март			апр.			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	6	■												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	12		■											
3	Изучение существующих приборов	Инженер	5			■										
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	3			■										
5	Подбор компонентов для реализации системы	Руководитель, инженер	6			■										
6	Покупка комплектующих	Руководитель, инженер	5				■									
7	Сборка устройства	Инженер	23					■								
8	Создание ПО для микроконтроллера	Инженер	21						■							
9	Создание пользовательский интерфейс	Инженер	21								■					
10	Тестирование и отладка работы устройства	Руководитель, инженер	9										■			
11	Оценка полученных результатов	Руководитель	5												■	
12	Проведение технико-экономических расчетов	Инженер	9												■	
13	Составление пояснительной записки	Инженер	5													■

■ - инженер

■ - руководитель

5.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (15)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 17 сведены данные о материальных затратах на научное исследование.

Таблица 17 – Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ноутбук Packard bell TV11HC	Шт.	1	20 000	20 000
Отладочная плата микроконтроллер ESP-WROOM32 MHET-LIVE	Шт.	1	319	319
Источник питания 12В,8А	Шт.	1	405	405
Двигатель постоянного тока с редуктором, 22 Нм 800rpm	Шт.	1	1200	1200

Таблица 17 – Материальные затраты НТИ (продолжение)

Шаговый двигатель NMB PM55L-012	Шт.	1	200	200
Мульти-варка «Марта МТ-4324»	Шт.	1	2000	2000
Комплектующие для дозатора	Шт.	1	1000	1000
Датчик температур	Шт.	1	50	50
АЦП ADS1013	Шт.	1	200	200
Радиодетали и другие расходные материалы	Шт.	1	1500	1500
Паяльное оборудование	Шт.	1	600	600
Затраты на транспортировку				800
Итого				28274

Таким образом материальные затраты составили 28 274 рубля. Из них, около 8000 рублей потрачено на покупку комплектующих для самого устройства.

5.3.2. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (16)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от основной).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} * T_p, \quad (17)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (18)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
– выходные дни		
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (19)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, руб	$З_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, руб.
Руководитель	33 664	-	-	1.3	43 763,2	1 813,29	18,5	33545,87
Инженер	12 663	-	-	1.3	16 461,9	682,09	99,7	68 004,37
Итого:								101 550,24

5.3.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (10)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы приведен ниже:

$$З_{\text{доп И}} = 0.13 \cdot 68\,004.37 = 8\,840.57$$

$$З_{\text{доп Р}} = 0.13 \cdot 33\,545.87 = 4\,360.96$$

Итого – 13 201.53 рубля.

5.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	33545.87	4360.96	0.271	10 272.75
Инженер	68 004.37	8 840.57		20 824.98
Итого				31 097.73

Получили, что всего будет перечислено 31 097.73 руб. во внебюджетные фонды.

5.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, 16 %.

Получим:

$$C_{\text{накл}} = 0.16 \cdot (101\,550.24 + 13\,201.53) = 18\,360.28 \text{ рублей}$$

5.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Основой для формирования бюджета затрат научно-исследовательского проекта является рассчитанная величина затрат. Данная величина также служит для формирования договора с заказчиком, где служит нижним пределом затрат на разработку проекта.

Определение бюджета затрат приведено в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	28 274.00
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	101 550.24

3. Затраты на дополнительной заработной плате исполнителей темы	13 201.53
4. Отчисление во внебюджетный фонды	31 097.73
5. Накладные расходы	18 360.28
Бюджет затрат НТИ	192 483.78

5.3.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель эффективности научного исследования состоит из двух составляющих: интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности получается в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Так как различные варианты исполнения проекта отличается только программным обеспечением, установленным на бортовой контроллер, бюджет затрат будет одинаковым. Бюджет затрат приведен в таблице 21.

Интегральный финансовый показатель эффективности рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{203\,941.34}{1600000} = 0.12$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта может быть определен по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения;

b_i – оценка в баллах для i -го варианта исполнения.

Таблица 22 применяется для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 21 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	a_i	Исп.1	Исп.2	I_{p1}	I_{p2}
1. Качество регулирования температуры	0.1	4	4	0.4	0.4
2. Наглядность и эстетика устройства	0.2	4	2	0.8	0.2
3. Качество приготовления	0.2	4	3	0.8	0.6
4. Нарботка на отказ	0.2	4	4	0.8	0.8
5. Объем чаши приготовления	0.1	5	3	0.5	0.3
6. Стоимость комплектующих	0.2	4	1	0.8	0.2
7. Безопасность	0.1	4	1	0.4	0.1
Итого	1			4.1	2.6

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}}, \quad I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} \text{ и т. д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки осуществляется по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} \quad (16)$$

Рассчитанные данные сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.12	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.1	2.6
3	Интегральный показатель эффективности	4.1	2.6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.57	-

На основании данных таблицы 22 можно сделать вывод о том, что более эффективным является первый вариант исполнения разработки.

6. Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации» [16]. В стандарте под социальной ответственностью понимается ответственность организации или персонала по соблюдению, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. В соответствии со стандартом целями составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

Введение

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места, посредством разработки комплекса мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, которые будут минимизировать возможные негативные последствия деятельности проекта, в соответствии с санитарными нормами и правилами техники безопасности.

Объектом исследования является автоматичное устройство предназначенный для приготовления блюд с высокой степенью вязкости. Разработанное устройство применяется для изготовления туго-вязкого блюда, которое употребляют в пищу во многих странах Африки, а так же в

Молдавии, Румынии под названиями «садза», «пап», «мамалыга» и другие.

Прототип устройства представляет собой малогабаритную, настольную кухонную машину с редукторной конструкцией электропривода, элементом подогрева и управляемым встроенным микропроцессором.

Непосредственными пользователями разработанной системы являются как юридические, так и физические лица и коммерческие организации, нуждающиеся в автоматизации изготовления таких блюд как «садза» для домашнего приготовления или для продажи.

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является кухня на предприятии общественного питания или в домашних условиях. Проанализированы опасные и вредные факторы.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассматриваются характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства. А также приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

6.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно «Трудовому кодексу Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с настоящим Кодексом, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации относятся к рабочему времени [14]. (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ).

На предприятии, где будет эксплуатироваться разработанный прибор, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 50 часов в неделю.

Порядок исчисления нормы рабочего времени на определенные календарные периоды (месяц, квартал, год) в зависимости от установленной продолжительности рабочего времени в неделю определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в

сфере труда [14]. (часть третья введена Федеральным законом от 22.07.2008 N 157-ФЗ)

Работодатель обязан вести учет времени, фактически отработанного каждым работником.

6.1.2. Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя

Управление разрабатываемой системой предполагает наличие оператора, который взаимодействует с ней через пользовательский интерфейс установленный на электронно-вычислительной машине в положении сидя.

Поэтому рабочее место исследователя должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [19].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»:

- конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;
- рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда;
- рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;

- выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля;
- при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают мужчины и женщины - общие средние показатели мужчин и женщин;
- организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

6.2. Производственная безопасность

6.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [32]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 23.

Таблица 23 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Высокоскоростные движущиеся детали	+	+	+	ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов [20]. ГОСТ ИЕС 60335-2-14-2013. Безопасность бытовых и аналогичных приборов [21].
2.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (1 октября 1996 г. N 21) [17]
3. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [23].
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[26].
5. Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона	+		+	ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1) [29]
6.Повышенное значение напряжения в	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие

электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека				требования и номенклатура видов защиты [28].
---------------------------------------------------------------------------	--	--	--	----------------------------------------------

6.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

6.2.2.1. Высокоскоростные движущиеся детали

Большую опасность при работе прибора представляет устройство перемешивания (миксер), которое при непосредственном контакте, в рабочем состоянии может привести к получению травмы.

В первую очередь должна быть соблюдена защита прибора от прикосновений (во включенном режиме). При работе с прибором нужно убедиться, что все детали остановились и должны быть прибраны волосы, и не должно присутствовать свисающих деталей и украшений, во избежание заряжения в прибор.

Перед включением прибора, следует убедиться, что крышка плотно закрыта. Перед открытием крышки прибора, следует убедиться, что устройство перемешивания полностью остановилось.

Для соблюдения безопасности при работе с прибором, будет предусмотрено блокировочное, предохранительное устройство, которое не начнет двигаться при не плотно закрытой крышке и соответственно крышка не откроется до полной остановки устройства перемешивания.

Во время работы прибора нельзя погружать пальцы и посторонние предметы в емкость для засыпания муки и в чашу для приготовления. Не

следует использовать прибор при поврежденном шнуре или вилки электропитания.

Данное устройство не предназначено для использования лицами с пониженной остротой органов чувств или пониженными умственными способностями, а также лицами, не обладающими достаточным опытом и знаниями, за исключением случаев, когда они используют устройство под наблюдением или ознакомлены с правилами его безопасной эксплуатации

Инструкция по технике безопасности будет приложена в печатном и электронном варианте для каждого прибора.

6.2.2.2. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Санитарные правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека. В таблице 24 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для оператора [17].

Таблица 24 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха °С	Относительная влажность воздуха %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	23-25	60-70	0,1

Теплый	20-22	60-70	0,1
--------	-------	-------	-----

По степени физической тяжести работа пользователя устройства относится к категории лёгких работ. Основные нагрузки на организм – повышение температуры и влажности в помещении при работе прибора за счет пара, который образуются во время работы прибора.

Наиболее благоприятным для человека считается микроклимат, в котором: температура воздуха – 23 - 25°C, относительная влажность - 60-70 % и скорость движения воздуха - от 0,06 до 0,18 м/с [17]. Для поддержания комфортной температуры на предприятии или бытовой кухне, должна быть установлена система вентиляции и вытяжек над рабочим прибором, для обеспечения притока свежего воздуха.

Профилактика перегрева организма работника в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия:

- нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к восьмичасовой рабочей смене;
- регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды для поддержания среднесменного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне;
- использование специальных средств коллективной и индивидуальной защиты, уменьшающих поступление тепла извне к поверхности тела человека и обеспечивающих допустимый тепловой режим.

Защита от охлаждения осуществляется посредством:

- одежды, изготовленной в соответствии с требованиями государственных стандартов.

- использования локальных источников тепла, обеспечивающие сохранение должного уровня общего и локального теплообмена организма.
- регламентации продолжительности непрерывного пребывания на холоде и продолжительности пребывания в помещении с комфортными условиями.

Таким образом, в настоящий момент рабочая зона полностью соответствует требованиям оптимальных микроклиматических условий.

6.2.3. Превышение уровня шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Основными источниками шума при работе прибора, являются: двигатели. Шумы возникают в процессе срабатывания механизма перемешивания и создаются установками кондиционирования и вентиляции воздуха. Шум на производстве наносит большой ущерб, неблагоприятно действуя на организм человека и снижая производительность труда.

При повышенных нормах шума происходит утомление рабочих, что приводит к увеличению числа ошибок при работе и способствует возникновению травм. Особенно большое влияние шум оказывает на органы слуха человека, отрицательно действуя на центральную нервную систему. Нормативным документом, регламентирующим допустимые уровни шума, представляет собой «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. № 3223-85». На рабочих местах и рабочих зонах в производственных помещениях допустимый эквивалентный уровень шума составляет 80 дБ [ГОСТ 12.1.003-83] [23].

При работе прибора «Коко», основным источником шума является двигатель устройства миксера, который предназначен для замешивания изготавливаемой пищи. При его работе, шум вокруг прибора лежит в

диапазоне от 60дБА до 75дБА, который ниже допустимого уровня согласно нормативом регламентирующим допустимые уровни шума [ГОСТ 12.1.003-83].

При необходимости уровень шума можно снизить, используя средства индивидуальной защиты органов слуха, таких как специальные звуконепроницаемые вкладыши или наушники.

6.2.3.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза. Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

Требования к освещению [26]:

- Требования к освещению предусматривают применение в качестве источников света люминесцентных ламп типа ЛБ. При местном освещении разрешается использовать лампы накаливания.
- Требования к освещению запрещают использование светильников без рассеивателей и экранирующих решеток.
- В зоне углов излучения от 50 до 90 градусов (с вертикалью в поперечной и продольной плоскости), яркость светильников общего освещения не должна превышать 200 кд/кв.м., защитный угол светильников - не менее 40 градусов.
- Для светильников местного освещения необходим непросвечивающий отражатель с защитным углом 40 градусов или больше.
- Осветительные установки общего освещения должны обладать КЗ (коэффициентом запаса) равным 1,5.

– Применение газоразрядных ламп в светильниках с ВЧ ПРА позволяет не превышать значение минимально допустимого коэффициента пульсации (5%), для любых типов светильников.

– Требования к освещению обязывают проводить чистку стекол оконных рам и светильников как минимум два раза в год и своевременную замену перегоревших ламп светильников для обеспечения указанных выше нормированных значений освещенности помещений.

К средствам нормализации освещения относятся [26]:

- источники света;
- осветительные (световые) приборы;
- световые приборы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры.

К средствам индивидуальной защиты глаз – защитные очки и к СИЗ лица и глаз – щитки.

6.2.3.2. Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона

При разработке и эксплуатации прибора, управление осуществляется через использование WiFi - технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11. Wi-Fi работает в безлицензионном частотном диапазоне от 2402 МГц до 2480 МГц.

Согласно ГОСТ 12.1.006-84 измерения напряженности или плотности потока энергии ЭМП допускается не проводить в случаях если: установка не работает в режиме излучения на открытый волновод, антенну или другой элемент, предназначенный для излучения ЭМП в окружающую

среду, и ее номинальная мощность согласно паспортным данным не превышает []:

- 2,5 Вт - в диапазоне частот от 60 кГц до 3 МГц;
- 400 мВт - в диапазоне частот свыше 3 МГц до 30 МГц;
- 100 мВт - в диапазоне частот свыше 30 МГц до 300 ГГц.

В данном случае мощность излучения аппаратуры не превышает 100 мВт, а следовательно нет необходимости проводить измерение напряженности или плотности потока энергии ЭМП. Таким образом, используемое оборудование не вызывает негативного влияния на организм человека.

6.2.3.3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), помещение в котором производилась разработка системы по опасности электропоражения относится к помещениям без повышенной опасности. Это следует из того, что в помещении нет высокой влажности, токопроводящей пыли, высокой температуры и возможности одновременного соприкосновения с заземленными предметами и металлическими корпусами оборудования. Во время нормального режима работы оборудования, опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями [27].

В соответствии с главой 1.7 ПУЭ для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты:

- основная изоляция токоведущих частей;

- применение сверхнизкого (малого) напряжения.
- защитное заземление или зануление;
- автоматическое отключение питания;
- защитное электрическое разделение цепей;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- безопасное расположение токоведущих частей.

6.3. Экологическая безопасность

Объект исследования не оказывает воздействия на атмосферу и гидросферу. Отходы, возникающие при замене устаревших или неисправных частей системы, таких как двигатели, контроллер, и другие электронные и электромеханические комплектующие оказывают неблагоприятное воздействие на литосферу.

Также при создании системы используются печатные платы. Вышедшие из строя печатные платы следует утилизировать. Сложность утилизации печатных плат состоит в том, что их состав включает множество компонентов разных свойств, например, по плотности и электропроводности. Для эффективного разделения на части используют два вида обработки:

- механическая;
- гидрометаллургическая.

Механическая утилизация снижает затраты на труд и включает этапы:

- измельчение ножами, вращающимися на высокой скорости, в контейнере;
- извлечение черных металлов с помощью сильных магнитов;
- передача плат в шаровую мельницу для получения порошка, просеивание;

- рециркуляция с помощью электростатики;
- повторное измельчение;
- пиролитическая переработка бесполезных компонентов.

Гидрометаллургия — выделение золота с контактным разъемом.

Очистка проводится одним из следующих способов:

- растворение меди на подложках в кислоте,
- применение растворов с цианидом для получения электролитического осадка.

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией техногенного характера, которая может возникнуть при разработке системы, является пожар. Он может возникнуть в следствии замыкания электропроводки, замыкания блока питания, не соблюдению мер пожаробезопасности.

Согласно Федеральному закону «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», по пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- повышенная взрывопожароопасность (А);
- взрывопожароопасность (Б);
- пожароопасность (В 1—В4);
- умеренная пожароопасность (Г);
- пониженная пожароопасность (Д).

Так как в помещении, в котором велась разработка системы, присутствуют лишь горючие и трудногорючие вещества и материалы, то помещение относится к категории Г (умеренная пожароопасность).

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара, средствами связи, должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи, а также помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Работник, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан [33]:

- немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);

- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;

- принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей;

- организовать встречу пожарных подразделений;

– известить о пожаре руководителя организации или заменяющего его работника.

Заключение по разделу 6

При выполнении раздела социальной безопасности были проанализированы и выявлены основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе разработки и эксплуатации системы, такие как: движущиеся твердые объекты, повышенный уровень шума на рабочем месте, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие электромагнитных полей радиочастотного диапазона, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Были описаны меры минимизации уровней воздействия данных факторов.

С точки зрения экологической безопасности было выявлено, что объект исследования не оказывает влияния на атмосферу и гидросферу, однако, при неправильной утилизации компонентов системы возможно оказание вредного воздействия на литосферу. Для предотвращения загрязнения среды были предложены мероприятия по утилизации отходов, а также способы их утилизации.

Произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, возникновение которых наиболее вероятно при разработке и эксплуатации системы. Были разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций, а также разработан порядок действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был разработан и протестирован рабочий прототип автоматического устройства для приготовления туго-вязких блюд на основе мультиварки, пользуясь платформой ESP32 MHET-LIVE микроконтроллера ESP32 и другими аппаратными и программными составляющими.

Был произведен выбор аппаратных и программных комплектующих для реализации цели данной ВКР после чего была разработана 3D модель прототипа устройства в Solidworks, нарисована принципиальная схема устройства в DipTrace, написано программное обеспечение для микроконтроллера ESP32 и разработан графический пользовательский интерфейс в интегрированной среде разработки «Qt Creator» на языке «C++» для тестирования разработанного прототипа.

В ходе работы так же было изучено понятие о вязкости, типах вязких сред, методах измерения вязкости и методах приготовления различных туго-вязких блюд, таких как «садза» и «мамалыга».

В настоящее время еще ведутся тестовые испытания устройства в лаборатории, но на следующем этапе планируется введение в опытную эксплуатацию, по результатам которой в будущем возможна модернизация аппаратной и программной части устройства для дальнейшего коммерциализации.

Conclusion

As a result of the research and the work done, a working prototype of an automatic device for cooking viscous dishes based on a multi-cooker was developed and tested using the ESP32 MHET-LIVE platform of the ESP32 microcontroller and other hardware and software components.

In order to realize the set aims and objectives, hardware and software components for this project were systematically selected. After this selection process, a 3D model of the prototype device was developed in Solidworks and a circuit diagram of the device was drawn in DipTrace. Software for the ESP32 microcontroller was written in Visual Studio Code using the PlatformIO plugin, and a graphical user interface for testing the developed prototype was developed in the Qt Creator integrated development environment, using C ++ language.

In the course of the work, the concept of viscosity, types of viscous media, methods for measuring viscosity and methods for preparing various highly viscous dishes, such as sadza and mamaliga were studied.

At present, tests on the device are ongoing in order to obtain various data relating to the cooking process. After the conclusion of these tests these trials, the data obtained from those tests and from further trials will be used to upgrade the hardware and software components thus enhancing its functionality and reliability in preparation for possible commercialization.

Список использованных источников

1. Кухни народов мира. История и традиции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kushatpodano-ru.ru/kulinarnyie-retseptyi-narodov-mira> – свободный (от 20.05.2019).
2. Gwatamatic the technical marvel. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techzim.co.zw/2012/06/gwatamatic-the-technical-marvel-part-ii/> – свободный (от 23.05.2019).
3. A taste of Africa [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.napk.org.uk/A%20Taste%20of%20Africa%20-%20recipes.pdf/> – свободный (от 23.05.2019).
4. Литература компании: «A&D Company, Limited». Серия SV. Синусоидальный вибровискозиметр. Справочник пользователя. [Текст]/A&D Company, Limited, 2017. – 56с.
5. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости[Текст]/ Слезкин Н. А. — М.: ГИТТЛ. — 1955. — 519 с.
6. Руководство по эксплуатации Marta MT-1970. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fast.ulmart.ru/manuals/846404.pdf> – свободный (от 12.05.2019).
7. Ж. Бланшет, М. Саммерфилд Qt 4. Программирование GUI на C++. — М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2007. — 648с.
8. Сайт компании ЗАО «Спектроскопические системы» Вискозиметрия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spectrosystems.ru> – свободный (от 13.03.19).
9. ESP32 MHET-LIVE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mh.nodebb.com/topic/2/mh-et-live-esp32-devkit> – свободный (от 22.04.2019).
10. ESP32 Series Datasheet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf – свободный (от 22.04.2019).

11. Электрические машины переменного тока: Методические указания к лабораторным работам по электротехнике для студентов всех направлений подготовки / Сост.: Г.И. Захватов, Ю.В. Никитин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2016. – 23 с.

12. Весовые дозаторы. Виды. Характеристики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raznoves.ru/podderzhka/stati/vesovye-dozatory-vidy-harakteristiki/> – свободный (от 25.04.2019).

13. Цыбрий И.К. Основы проектирования приборов и систем: Учебное пособие. / И.К. Цыбрий – Ростов-на-Дону, 2008. – 4 с.

14. Трудовой кодекс Российской Федерации», от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

15. ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения.

16. Международный стандарт ISO CSR-08260008000 «Социальная ответственность организации. Требования» М.: ВОО, – 2011, – 36 с.

17. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». – введ. 1996 – 10 – 01. – Москва Минздрав России, 2001. – 20 с.

18. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

19. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

20. ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействий механических факторов.

21. ГОСТ ИЕС 60335-2-14-2013. Безопасность бытовых и аналогичных приборов.

22. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Взамен ГОСТ 12.0.003 — 74; введ. 2017 – 03 – 01. – Москва Стандартинформ, 2016. – 9 с.

23. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

25. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

26. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

27. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

28. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

29. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

30. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

31. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – Взамен ГОСТ 12.4.011-87; введ. 1990 – 06 – 30. – Москва ИПК Издательство стандартов, 2004. – 7 с.

32. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

33. Действия персонала при возникновении пожара | NFCOM. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nfcom.ru/info/stati->

opozharnoi-bezopasnosti/deistviya-personala-pri-vozniknovenii-pozhara —
свободный (от 05.05.2019)